



高等院校电子信息与电气学科特色教材

单片机原理及应用

——使用Freescale S12X构建嵌入式系统

任勇 王永东 何伟 编著

清华大学出版社



高等院校电子信息与电气学科特色教材

单片机原理及应用

——使用Freescale S12X构建嵌入式系统

任勇 王永东 何伟 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书讲述单片机(Micro Control Unit, MCU)的基础知识、接口方法和应用技术,全书共 14 章。第 1 章介绍国内外单片机的发展、现状与应用,同时简要描述了传统 MCS-51 系列单片机的基础知识以及 Freescale 系列单片机的分类、特点。第 2~12 章以 Freescale S12X 系列 16 位单片机为蓝本,分别讲述 S12X 单片机的结构与组成、指令系统与汇编语言程序设计、仿真调试及 C 语言编程、并行输入/输出接口、定时器、A/D 模/数转换、SCI/SPI 串行通信、PWM 脉宽调制、CAN/LIN/I²C 总线、XGATE 外设协处理器、 μ C/OS-II 嵌入式操作系统应用等,并从应用的角度列出了相关模块的使用和配置方法。第 13 章给出了使用 S12X 单片机实现两个综合应用的嵌入式系统实例。第 14 章描述了 S12XS128 开发平台的 DIY 设计制作及其参考资源。

书中各章节配有一些硬件电路实例和软件程序实例,单片机与常用外设的接口方法贯穿在全书之中,所给出的汇编语言程序或 C 语言程序均已在 CodeWarrior 集成开发环境与 MC9S12XDT512 开发板或 MC9S12XS128 开发板上调试通过。

本书假定读者具有基本的数字电路知识和一定的微机原理概念。本书可作为高等院校电子信息工程、通信工程、工业测控、汽车电子、医学电子、计算机应用等电类相关专业学生的课程教材,同时也可作为单片机系统(嵌入式系统)开发与研究人员的参考书籍。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用——使用 Freescale S12X 构建嵌入式系统/任勇,王永东,何伟编著. —

北京:清华大学出版社,2012.1

(高等院校电子信息与电气学科特色教材)

ISBN 978-7-302-27684-5

I. ①单… II. ①任… ②王… ③何… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材
IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 275073 号

责任编辑:文 怡

责任校对:梁 毅

责任印制:张雪娇

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:23.25 字 数:581 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版 印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:36.00 元

产品编号:039205-01

出版说明

随着我国高等教育逐步实现大众化以及产业结构的进一步调整,社会对人才的需求出现了层次化和多样化的变化,这反映到高等学校的定位与教学要求中,必然带来教学内容的差异化和教学方式的多样性。而电子信息与电气学科作为当今发展最快的学科之一,突出办学特色,培养有竞争力、有适应性的人才,是很多高等院校的迫切任务。高等教育如何不断适应现代电子信息与电气技术的发展,培养合格的电子信息与电气学科人才,已成为教育改革中的热点问题之一。

目前我国电类学科高等教育的教学中仍然存在很多问题,例如在课程设置和教学实践中,学科分立,缺乏和谐与连通;局部知识过深、过细、过难,缺乏整体性、前沿性和发展性;教学内容与学生的背景知识相比显得过于陈旧;教学与实践环节脱节,知识型教学多于研究型教学,所培养的电子信息与电气学科人才还不能很好地满足社会的需求,等等。为了适应 21 世纪人才培养的需要,很多高校在电子信息与电气学科专业建设和课程建设方面都做了大量工作,包括国家级、省级、校级精品课的建设等,充分体现了各个高校重点专业的特色,也同时体现了地域差异对人才培养所产生的影响,从而形成各校自身的特色。许多一线教师在多年教学与科研方面已经积累了大量的经验,将他们的成果转化为教材的形式,向全国其他院校推广,对于深化我国高等学校的教学改革是一件非常有意义的事。

为了配合全国高校培育有特色的精品课程和教材,清华大学出版社在大量调查研究的基础之上,在教育部相关教学指导委员会的指导下,决定规划、出版一套“高等院校电子信息与电气学科特色教材”,系列教材将涵盖通信工程、电子信息工程、电子科学与技术、自动化、电气工程、光电信息工程、微电子学、信息安全等电子信息与电气学科,包括基础课程、专业主干课程、专业课程、实验实践类课程等多个方面。本套教材注重立体化配套,除主教材之外,还将配套教师用 CAI 课件、习题及习题解答、实验指导等辅助教学资源。

由于各地区、各学校的办学特色、培养目标和教学要求均有不同,所以对特色教材的理解也不尽一致,我们恳切希望大家在使用本套教材的



过程中,及时给我们提出批评和改进意见,以便我们做好教材的修订改版工作,使其日趋完善。相信经过大家的共同努力,这套教材一定能成为特色鲜明、质量上乘的优秀教材,同时,我们也欢迎有丰富教学和创新实践经验的优秀教师能够加入到本丛书的编写工作中来!

清华大学出版社

高等院校电子信息与电气学科特色教材编委会

联系人:王一玲 wangyl@tup.tsinghua.edu.cn

前言

本书的编写背景

MCU 技术、FPGA(Field-Programmable Gate Array,现场可编程门阵列)技术和 DSP(Digital Signal Processing,数字信号处理)技术,是目前数字电路系统设计领域公认的三大基础性技术,以这三类技术为基础的电子应用系统是目前嵌入式系统的主要表现形式。其中 MCU 技术最为经典、应用成熟、受众面广。近年来,单片机技术发展迅速,已从传统设计技术走向现代设计技术,其功能、速度、资源正在不断加强,更加易于解决电子系统的嵌入性、低功耗、高可靠性和低价格等问题。单片机技术已经成为广大电子工程师和电类专业大学生必备的技能之一,其重要性是不言而喻的。

由于半导体技术的飞速发展,数字电路系统的技术不断更新,器件频频换代,嵌入式软硬件日新月异,从事 MCU 类应用开发的课程教师、在校学生、应用工程师等都需要不断补充新知识,跟上新技术的发展。现代单片机系统设计有三个比较明显的变化:①原来的单片机技术是围绕某个基本芯片如 MCS-51 系列,在其基础上设计各种外围接口、加扩各种扩展电路;而现代单片机技术的趋势是选择功能符合、内部资源适用、接口方便的某个单片机型号为核心,配以尽量少的外围元器件来构成目标应用系统,努力形成片上系统(System on a Chip, SoC),这样做的好处是系统更可靠、性价比更高、更能体现单片机的“单”性或者微控制器的“微”性。②因为现代单片机应用系统往往控制更加复杂、功能更为强大、效率更加重要等,导致对单片机应用系统的软件要求更高,这就不单要学会汇编语言编程,还要掌握 C 语言编程开发方法,甚至还可能引入嵌入式实时操作系统。③传统的单片机硬件调试往往采用价格高、非标准的第三方仿真器系统、并且是借用仿真器的 MCU 实现并不完全的仿真,最后才擦写芯片固化程序;而如今的单片机都已采用了内置的可以反复擦写 10 万次以上的 Flash 存储区,支持在线调试系统、在线下载程序,使得单片机的开发调试更为方便快捷。

在教学方面,现在国内各个大中专院校都开设有“单片机”课程,原先大多以 MCS-51 系列 8 位单片机为蓝本, MCS-51 单片机在 2000 年以前的教学中几乎一统天下,至今也还有许多学校在使用。但在近几年,这种情况逐渐有所变化,如清华大学、上海交通大学、北京航空航天大学、

苏州大学、天津大学等众多学校早在多年前就转入以 Freescale(飞思卡尔)单片机为蓝本的教学,目前加入这个行列的学校越来越多。当然还有讲述以 ARM 为核的 32 位单片机技术的学校。单片机教学的变化、更新应是大势所趋。

缘于应用发展和教学需求,又希望站在一个较高的起点上,但却面临目前可选教材较少的状况,并且没有适合的基于通用软件、硬件工具的基础教材,所以本书编者在收集整理最新中外资料的基础上着手编写本书。为了帮助读者理解和掌握现代单片机应用技术,本书主要以 Freescale(飞思卡尔)半导体公司的获得广泛应用的 S12(X)^①系列 16 位单片机为蓝本,讲述单片机的基础知识、接口方法和应用技术,其中的软件开发环境采用通用的 CodeWarrior,硬件教学平台采用“飞思卡尔大学计划”配备的 S12XDT512SLK 开发板或者国内相关单位的 S12XS128 开发板。本书在编排上按照教学特点分模块展开,由浅入深、循序渐进;在讲述上力求简明扼要、浅显易懂,并力求理论与实际的平衡、通用与具体的平衡;在内容上以入门为主、追求实用,轻于内部原理性描述,重于资源性描述及其应用方法。

关于 Freescale(飞思卡尔)

Freescale(飞思卡尔)半导体公司是全球最大的半导体公司之一,其前身为 Motorola(摩托罗拉)半导体部,2004 年从摩托罗拉公司分拆上市。它从 1953 年开始从事半导体业务,是世界半导体产业与技术的开拓者,为汽车电子、消费电子、工业控制、网络和无线市场设计并制造了众多的嵌入式半导体产品,在微控制器领域长期居于全球市场领先地位,如公司的 MC68HC05 是世界产量第一的 8 位单片机(产量排名第二的是 8051 单片机),又如在 2007 年 7 月推出业内第一的针脚兼容的 8 位与 16 位微控制器——QE128 系列。公司的微控制器产品系列齐全,根据位数(8 位、16 位、32 位等)不同、封装形式(DIP、SOIC、QFP 等)不同、温度范围不同、所含模块不同等构成了庞大的飞思卡尔微控制器产品系列,应用于嵌入式系统的各个领域,以可靠性高、性价比高和应用方便引导着微控制器的发展。

Freescale(飞思卡尔)半导体公司一贯重视与学界的合作。目前已与中国教育部合作,在清华大学、上海交通大学、东北大学、北京航空航天大学、苏州大学、天津大学等 20 所大学建立了示范教学实验室,在同济大学、河南工业大学、山东大学、重庆大学等 50 所大学建立了嵌入式处理器(MCU/DSP)开发应用中心或实验室。公司推广的大学计划成员越来越多,持续举办的全国性应用设计大奖赛和“飞思卡尔”杯全国大学生智能车竞赛也已成为教育部倡导的全国性重点赛事。各相关学校在嵌入式系统科研和人才培养方面都取得了许多可喜的成绩,包括各种应用设计,有的已经产业化。相信会有更多的大学加入到飞思卡尔公司的大学计划中来,也相信会有更多的科技工作者加入到飞思卡尔公司的产品应用行列中来,以进一步推动中国微处理器应用技术的教学与研发工作,促进嵌入式产业发展和人才培养。

Freescale 单片机产品线齐全,涵盖了从 8 位(HC08、HCS08、RS08 系列)、16 位(S12、S12X 系列)到 32 位的全系列 MCU 产品,选择余地大、新产品多。Freescale 各系列单片机

^① S12(X)泛指 S12 系列或 S12X 系列。

又分化出各种子系列,多达几百个型号,个性化十足,目的是为用户提供芯片级的嵌入式解决方案。例如针对汽车电子,Freescale 就提供了全面、清晰的产品选型指南;又如,面向可再生能源和高能效家用电器应用领域的 MC56F8006,面向楼宇控制和高端医疗的 MCF5225x 和 MCF51CN128/64 以及面向测量和医疗应用的 LH/LL 和 MCF51EM256 产品,这些产品都具有独特的性能,非常适合各细分市场的需求。Freescale 近年来在新兴领域也颇有建树,如在智能电网、医疗电子、LED 照明、绿色节能等领域推出多个适用产品。2011 年又新推出了基于 ARM Cortex-M 的业界速度最快的 kinetis 系列微控制器。

S12 和 S12X 系列单片机是 Freescale 16 位单片机中的主流产品,它们基于广泛使用的增强的 HCS12 内核。而 S12X 系列是 S12 系列的增强型产品,通常,S12(X)是泛指 S12 系列或 S12X 系列。S12X 系列是高性能的 16 位单片机,总线频率进一步提高到最高 50MHz,其性能达到了原 HCS12 器件 5 倍。特别地,S12X 系列还提供了业界首个外设协处理器 XGATE 模块,形成双核处理。这类多用途、高效处理器实现了高达 80MIPS 的附加处理能力,这种并行处理器模块利用增强 DMA 功能,通过提供外围模块、RAM 和 I/O 端口之间的高速数据处理与传输,将一些诸如基本网关活动和相关外设处理的任务从主 CPU 上卸载,其并行架构实现了对于中断可进行更多的无需 CPU 介入的处理并使设计工程师可以避免核心功能与中断处理间的冲突。实际上,S12X 拥有一般只能在 32 位 MCU 上找到的高效能力以及多核处理能力。此外,S12X 还增加了一个新型的通信协议——FlexRay 模块,它能为高级控制应用提供高达 10Mbps 的数据速率。

本书的具体内容

本书兼顾 S12 系列和 S12X 系列单片机,涉及的单片机型号即为目前主流的 S12XD、S12XE 系列和 S12XS 系列,它们均向前兼容 S12 系列。其中,MC9S12XD512 单片机是通用型,并且是“飞思卡尔大学计划”配备开发板所使用的核心芯片;MC9S12XS128 单片机是低成本的,并且是“全国大学生智能车大赛”指定使用的核心芯片。Freescale 16 位单片机的子系列众多,但各型号间的基本结构特性、硬件接口有较大的相通性,并且软件程序也是基本兼容的。

本书共 14 章。第 1 章介绍国内外单片机的发展、现状与应用,同时简要描述了传统 MCS-51 系列单片机的基础知识以及 Freescale 系列单片机的分类、特点。第 2~12 章以 Freescale S12X 系列 16 位单片机为蓝本,分别讲述 S12X 单片机的结构与组成、指令系统与汇编语言程序设计、仿真调试及 C 语言编程、并行输入/输出接口、定时器、A/D 模/数转换、SCI/SPI 串行通信、PWM 脉宽调制、CAN/LIN/I²C 总线、XGATE 外设协处理器、 μ C/OS-II 嵌入式操作系统应用等,并以应用的角度列出了相关模块的使用和配置方法。第 13 章给出了使用 S12X 单片机实现两个综合应用的嵌入式系统实例。第 14 章描述了 S12XS128 开发平台的 DIY 设计制作及其参考资源。

书中各章节配有一些硬件电路实例和软件程序实例,单片机与常用外设的接口方法贯穿在全书之中,所给出的汇编语言程序或 C 语言程序均已在 CodeWarrior 集成开发环境与 S12XDT512 单片机开发板或 S12XS128 单片机开发板上调试通过。

单片机技术的学习

本书在内容编排上虽然是按照 Freescale S12X 系列 16 位单片机的组成原理和功能模块逐项展开的,但其中体现的技术和方法并不唯一针对某具体型号的芯片,大部分方法其实是通用的,需要读者在学习和应用的过程中融会贯通;而且,基于 Freescale 单片机的硬件或软件设计单元在其各系列单片机之间可以很容易地进行移植,有的甚至可以直接沿用。另外,如果作为较少学时的课程教材,本书最后 4 章可以安排为自学内容。

单片机技术的学习方法首先是模仿验证、吸收消化,然后才是结合应用、自主创新。在这个学习过程中,需要领会单片机的结构原理、单元部件功能、常规接口方法、特殊应用方案等,要让单片机“动起来”解决实际问题,还要掌握汇编语言编程、C 语言编程、调试系统、下载程序等方法,至于应用对象的行业知识可通过交流、查询得到补充。

单片机应用系统设计涉及的相关技术很多,包括 MCU 结构原理、数字逻辑电路、模拟电子电路、硬件设计与制作、汇编语言编程、C 语言编程、仿真调试、低功耗、抗干扰以及各种互联接口等技术,在短时间内全面掌握这些技术对于初学者来说是非常困难的。如果学习者具有深厚的基本功自然更好,假设有所欠缺也无妨,可以在单片机技术学习和应用的过程中重新回顾理解。实际上,有些知识或技术可以边用边学甚至用通了再反学,在应用中提高并积累,有些单元技术也不必深究硬啃,采用“拿来主义”共享,比如一些 MCU 典型电路、范例程序、基本模块等。

经过一段时间的基础学习,单片机技术学习者最终需要做到三个“能够”:能够看懂书本或别人的电路和程序;能够看懂芯片厂家的原文数据手册(DataSheet);能够自行设计硬件电路和软件程序。这样,就是入门了。

需要指出的是,单片机的课堂教学内容或书本知识,能帮助学习者快速入门、建立概念和掌握一般应用。但要成为单片机应用开发的高手或专家,需要学习掌握的知识还很多,更需要自己摸索、实践。“高手之路”是自己走出来的,并不是老师、教本能够教出来的。

适合的读者

本书假定读者具有基本的数字电路知识和一定的微机原理概念。本书可作为高等院校电子工程、通信工程、自动控制、计算机应用、汽车电子等电类相关专业学生的课程教材,同时也可作为单片机系统(嵌入式系统)开发与研究人员的参考书籍。

编写分工与致谢

编写分工:本书由任勇负责编辑提纲和统稿工作,并编写第 1~9 章、13.1 节、第 14 章;王永东编写第 12~13 章;何伟编写第 10~11 章。参与本书编写工作的还有王毅、林英撑、傅雪骄等老师和研究生。

本书在编写过程中,得到了重庆大学教改项目的支持和同事同学们的建设性意见,也得到了兄弟院校专家老师、网上资源的帮助和启迪。此外,还得到了飞思卡尔半导体(中国)有

限公司的大学计划中的实验设备和技术资料的支持。在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有错误或不妥之处,恳请广大读者批评指正和包涵。如果有需要 XS128 开发板设计电路、程序、文档及成品的朋友也尽可联系交流。

作者的 E-mail: renyong0801@163.com

<http://www.ccee.edu.cn/mcu>

编 者

2011年8月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 单片机的定义、发展、特点及应用	2
1.2 MCS-51 单片机概况	4
1.2.1 MCS-51 单片机功能特性	4
1.2.2 MCS-51 单片机引脚说明	5
1.2.3 MCS-51 单片机的最小系统	6
1.3 Freescale 单片机	7
1.3.1 Freescale 种类繁多的个性化单片机系列	8
1.3.2 Freescale S12(X)系列单片机简介	10
1.3.3 Freescale S12(X)系列单片机的 命名规则	12
第 2 章 S12X 单片机的结构与组成	13
2.1 S12X 单片机的主要功能与结构	13
2.1.1 功能特性	13
2.1.2 内部结构	15
2.1.3 MC9S12XS 单片机的封装与引脚	18
2.2 运行模式	23
2.3 振荡器和时钟电路	25
2.4 MC9S12XS128 单片机的最小系统设计	27
2.5 系统复位、运行监视与时钟选择	28
2.6 存储器	35
2.6.1 存储器地址空间分配	36
2.6.2 存储器映射管理控制	39
2.7 中断系统	43
2.7.1 中断源	43
2.7.2 中断向量	44
2.7.3 中断处理过程、优先级与嵌套	47
2.7.4 中断的使用和配置	49
第 3 章 指令系统与汇编语言程序设计	53
3.1 CPU 寄存器	53
3.2 寻址方式	55



3.3	指令概览	57
3.3.1	数据传送类指令	58
3.3.2	算术运算类指令	62
3.3.3	逻辑运算类指令	65
3.3.4	程序控制类指令	68
3.3.5	中断类指令	72
3.3.6	CPU 控制类指令	73
3.3.7	全局读写类指令	74
3.3.8	其他指令	74
3.4	使用汇编语言的程序设计	76
3.4.1	汇编语言的指令格式与伪指令	77
3.4.2	汇编语言编程举例	81
3.4.3	汇编语言编程小提示	85
第 4 章	仿真、调试及 C 语言编程	87
4.1	S12X 单片机开发板	87
4.2	集成开发环境 CodeWarrior IDE	91
4.2.1	CodeWarrior 开发入门	91
4.2.2	完全软件仿真调试	96
4.2.3	使用 BDM 的程序下载与在线调试	97
4.2.4	prm 文件内容的简要说明	98
4.3	使用 C 语言的 S12X 单片机编程开发	101
4.3.1	常用的 C 语句操作示例	102
4.3.2	基本变量类型和定义	102
4.3.3	位域变量的定义和使用	103
4.3.4	变量的特殊定义	104
4.3.5	#pragma 程序管理	106
4.3.6	C 语言结合汇编语言编程	109
4.3.7	C 语言中断服务程序的编写	110
4.4	基于 CodeWarrior 的 S12X 单片机编程开发实践	111
4.4.1	应用实例：使用汇编语言的 LED 跑马灯控制程序	111
4.4.2	应用实例：使用汇编语言的 IRQ 中断控制程序	112
4.4.3	应用实例：使用 C 语言的 LED 灯控制程序	114
4.4.4	应用实例：使用 C 语言的定时器中断控制程序	115
第 5 章	并行输入/输出接口	118
5.1	并行 I/O 接口功能描述	118
5.1.1	并行 I/O 接口简介	118
5.1.2	并行 I/O 接口功能	119

5.2	并行 I/O 接口寄存器的使用与设置	120
5.3	应用实例：简单数字量输入/输出接口设计	128
5.4	应用实例：键盘输入接口设计	130
5.5	应用实例：LED 数码管显示接口设计	135
第 6 章	定时器	139
6.1	TIM/ECT 定时器	139
6.1.1	TIM/ECT 定时器功能描述	139
6.1.2	输入捕捉/输出比较	141
6.1.3	脉冲累加器	142
6.1.4	模数递减计数器	143
6.1.5	TIM/ECT 定时器的使用与设置	143
6.1.6	应用实例：利用 TIM 定时器的输出比较功能实现定时	151
6.1.7	应用实例：利用 TIM 定时器的输入捕捉功能实现脉冲计数	154
6.1.8	应用实例：利用 ECT 定时器的脉冲累加器和 模数递减计数器	155
6.2	PIT 周期中断定时器	156
6.2.1	PIT 定时器功能描述	156
6.2.2	PIT 定时器的使用与设置	158
6.2.3	应用实例：利用 PIT 定时器实现定时	161
6.3	RTI 实时中断定时	162
第 7 章	ATD 模/数转换	165
7.1	A/D 转换概述	165
7.2	ATD 模块工作原理	167
7.3	ATD 模块的使用与设置	169
7.4	应用实例：A/D 转换并输出结果	176
第 8 章	SCI/SPI 串行通信	178
8.1	SCI 串行通信	178
8.1.1	SCI 异步串行通信规范	178
8.1.2	SCI 模块的功能与设置	180
8.1.3	应用实例：利用 SCI 实现串行收发数据	186
8.2	SPI 串行通信	188
8.2.1	SPI 同步串行外设接口规范	188
8.2.2	SPI 模块的功能与设置	189
8.2.3	应用实例：利用 SPI 实现数字量输入/输出控制	195

第 9 章 PWM 脉宽调制	198
9.1 PWM 概述	198
9.2 PWM 结构原理和功能描述	199
9.3 PWM 模块的使用与设置	205
9.4 应用实例：使用 PWM 输出脉冲序列和 D/A 转换	211
第 10 章 CAN 总线、LIN 总线与 I²C 总线	214
10.1 CAN 总线	214
10.1.1 CAN 总线规范	214
10.1.2 CAN 模块的使用与设置	216
10.1.3 应用实例：MSCAN 模块实现数据收发	227
10.2 LIN 总线	230
10.2.1 LIN 总线协议	230
10.2.2 LIN 模块的使用与设置	233
10.2.3 应用实例：LIN 总线通信的软件实现	235
10.3 I ² C 总线	238
10.3.1 I ² C 总线规范	238
10.3.2 I ² C 模块的使用与设置	239
第 11 章 XGATE 外设协处理器	244
11.1 S12X 的 XGATE 概述	244
11.2 XGATE 的使用与配置	247
11.3 应用实例：使用 XGATE 系统的程序实现	250
第 12 章 μC/OS- II 嵌入式操作系统应用	253
12.1 嵌入式实时操作系统概述	253
12.2 μ C/OS- II 在 S12X 单片机上的移植与应用	255
12.2.1 移植 μ C/OS- II 的必要性及条件	255
12.2.2 在 S12X 单片机上移植 μ C/OS- II	255
12.2.3 测试移植代码	263
12.2.4 应用实例：S12X 使用 μ C/OS- II 的多任务实现	265
第 13 章 S12X 单片机综合应用系统实例	269
13.1 LCD 液晶显示的温度检测系统	269
13.1.1 应用分析	269
13.1.2 硬件设计	270
13.1.3 软件设计	271
13.2 智能车控制系统	282

13.2.1	硬件设计	283
13.2.2	软件设计	286
第 14 章	S12XS128 开发平台的 DIY 设计与使用	289
14.1	系统设计说明与配置	289
14.1.1	设计说明	290
14.1.2	开发平台跳线设置	290
14.1.3	开发平台接口资源简述	293
14.2	核心板硬件设计及描述	295
14.2.1	核心板功能概述	295
14.2.2	核心板硬件电路设计	295
14.3	扩展板硬件设计及描述	298
14.3.1	扩展板功能概述	298
14.3.2	扩展板硬件电路描述	299
14.4	开源仿真器制作方法	310
14.4.1	TBDML 调试接口简介	310
14.4.2	TBDML 调试工具制作步骤	310
14.4.3	TBDML 调试工具原理图	312
附录 A	S12X 汇编指令索引表	314
附录 B	CQUS12X 开发板全电路原理图	349
附录 C	ASCII 码表	354
参考文献	356

第1章

概 述

计算机技术给人们的科研和生活带来了许多重大变革,可以说,标志了人类社会进步文明的又一次飞跃;更得益于大规模集成电路进步与发展,计算机的重要分支——微型计算机的发展日新月异,应用日益广泛,已渗透到生产、生活的各个方面,使许多领域的技术水平和自动化程度得以大大提高,并且在越来越多的领域,人们日益需要微型计算机来进行工作或间接利用其工作。

微型计算机的基本组成结构如图 1-1 所示,主要包含中央处理器(Central Processing Unit, CPU)、数据存储器(Random Access Memory, RAM)、程序存储器(Read-Only Memory, ROM)、各种 I/O 接口、地址总线(Address Bus, AB)、数据总线(Data Bus, DB)、控制总线(Control Bus, CB)等。通常人们将微型计算机简称为微机,微机技术的发展又形成相互独立、不同方向的两大分支。

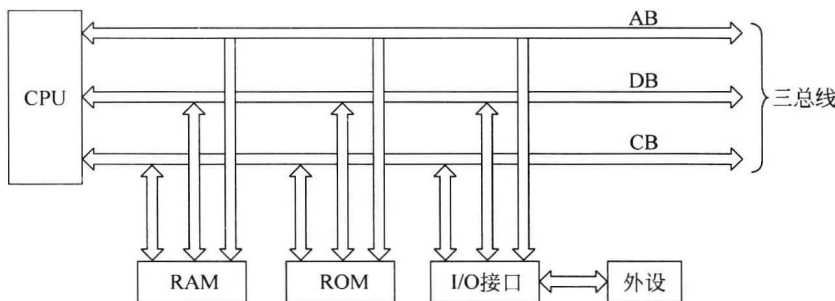


图 1-1 微型计算机的基本组成结构

(1) 通用微机系统。以微处理器(Micro Processor Unit, MPU)为核心,强调处理功用,解决多方位需求。这类微机的表现形式一般为外设备齐全的微机系统,其中包含功能强大的硬件资源和丰富多彩的软件资源。其中的微处理器已经从早先的 286、386、486、奔腾系列迅速发展今天的酷睿系列,操作系统软件也早已从 DOS 已经发展到了 Windows XP、Windows 7,这些都使得通用微机性能越来越好、功能越来越强、外设配置越来越高、价格越来越低。

(2) 单片微机系统。以微控制器(Micro Controller Unit, MCU)为核心,强调控制功用,解决单一问题。其表现形式通常为专用功能的嵌入式产品。因此为区别于通用微机系统,单片微机系统通常也被称为嵌入式系统。嵌入式系统就是以具体应用为中心,将微机嵌入到一个应用对象体系中,以实现对象智能化控制的要求,同时对功能、可靠性、成本、体积、功耗有特别要求。单片微机系统随着芯片化微控制器的飞速发展而发展,软件系统也从早先的汇编指令编程发展到现在可以引入嵌入式操作系统,最终形成的嵌入式产品也日趋

完美、强悍。

因此,嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术和电子技术嵌入到对象体系中,为实现对象体系智能化控制的计算机系统。不同于通用计算机体系结构的嵌入式系统采用了系统芯片化的独立发展道路,力求将 CPU 与包括存储器、接口在内的计算机系统集成在一个芯片上。嵌入式系统的硬件核心可以是单片机、DSP、FPGA 或 ARM 芯片等。

1.1 单片机的定义、发展、特点及应用

1. 单片机的定义

单片机,又称单片微机,顾名思义,它是在一块半导体芯片上,集成了 CPU、ROM、RAM、I/O 接口、定时器/计数器、中断系统等主要功能部件,构成一个芯片级的微型计算机。由于集成电路的进步,还可以包含 A/D、D/A 等部件,功能、性能日益增强。

实际上,“单片机”的称谓是中国人自己的约定俗称,其对应的英文并不是“Single Chip Microcomputer”。它的准确中文叫法应是微控制器(Micro Controller Unit, MCU)。所以,人们所说的单片机、单片微机、单片微控制器、微控制单元等术语,都是指微控制器(MCU)。而微控制器(MCU)的标准称谓则更能表征单片机的功能和形态,因为它就是作为控制领域的微型计算机应用而诞生和发展的。

2. 单片机的发展

单片机的历史到现在只有三十多年的时间,它的诞生晚于计算机系统,但后来基本同步于通用微机的发展。早期是以 Intel 公司为领袖,大致经历了 3 个阶段:

(1) 第一阶段(1974~1978 年),为单片机初级阶段。发展出 4 位单片机和简单 8 位单片机,主要代表是 MCS-48 系列,已经集成了 CPU、RAM、ROM、并行 I/O 接口、定时器/计数器,但无串行 I/O 接口等资源,多用于家用电器、计算器、玩具、一般工业控制等简单应用中。

(2) 第二阶段(1978~1983 年),属成熟完善的 8 位单片机阶段。主要代表就是 MCS-51 系列,它具有完善的总线结构,包括 8 位数据总线、16 位地址总线和相应的控制总线,新增 16 位定时器/计数器、多个串行 I/O 接口、多级中断等,片内 RAM、ROM 的容量增大,具有强大的指令系统和丰富的软硬件资源。这一阶段的单片机功能完备、性价比合理,拓宽了其应用范围,具备了微机的全面属性,并开创了单片机作为微控制器的发展道路。

(3) 第三阶段(1983 年至今),高级单片机阶段。除不断完善高档 8 位单片机,还发展了 16 位单片机。其主要代表是 MCS-96 系列,它是 16 位处理器,含 A/D 转换器,功能更强,速度更快。

在单片机发展的这三个阶段中,MCS-51 系列获得了最为广泛的应用,典型型号为使用 Intel 8051 内核的 89C51、89S51 单片机,同时生产类似单片机的厂家也增加到 100 多家,其他如 Motorola 公司 MC68HC05/MC68HC08 系列、Zilog 公司 Z-8 系列等 8 位单片机,也都获得了各自的应用市场。

业内专家学者对单片机近 20 年的发展历程有不同的划分,有认为 20 世纪 80 年代是普