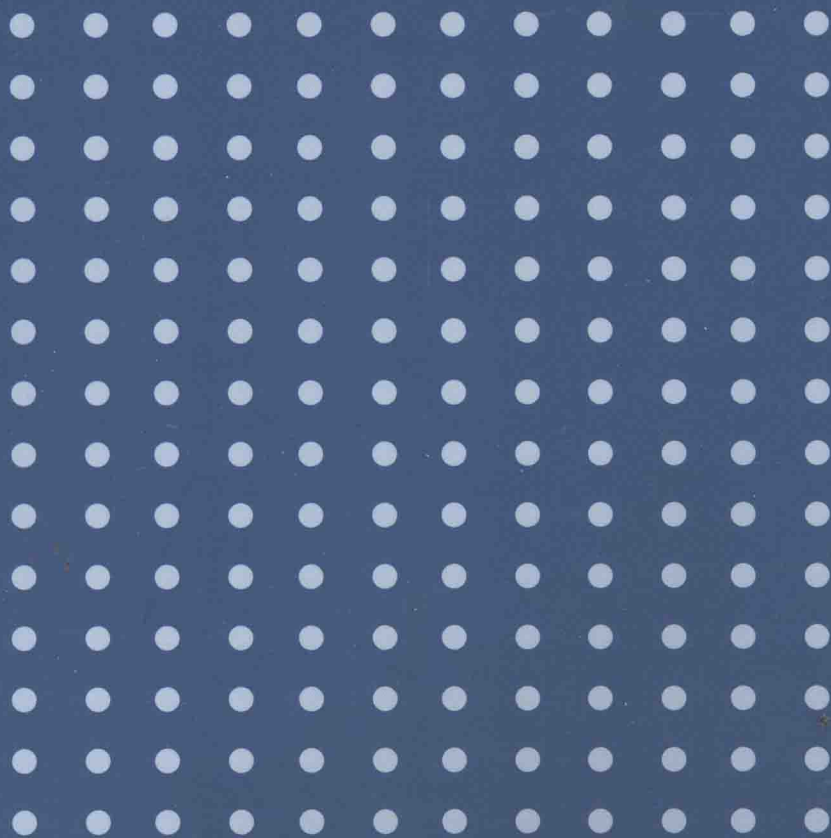


重点大学计算机专业系列教材

MSP430系列 单片机原理与工程设计实践

王兆滨 马义德 孙文恒 马永杰 编著

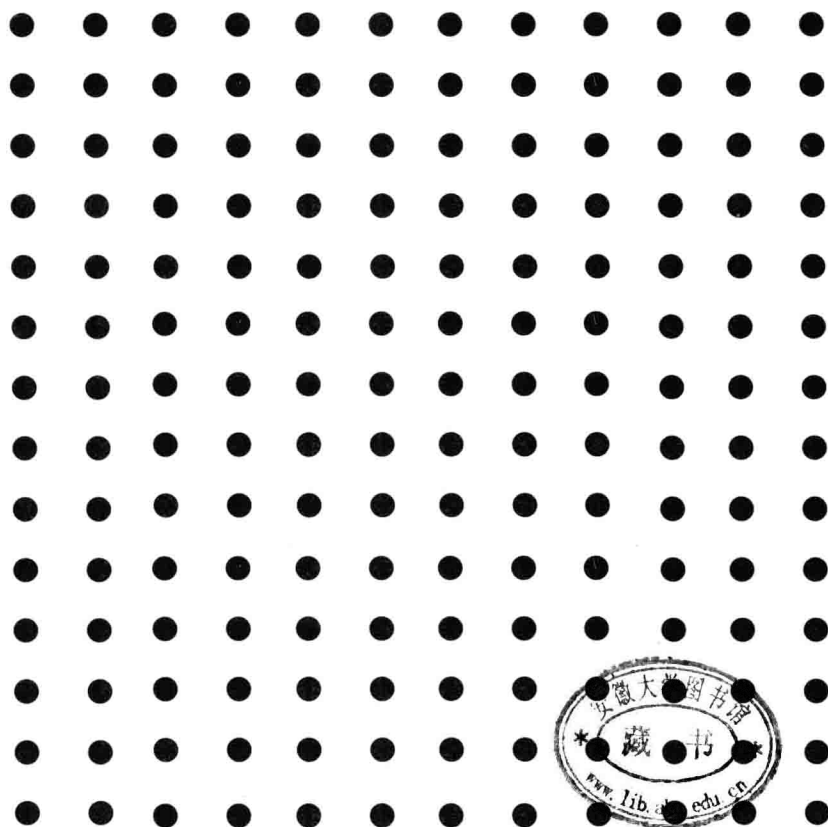


清华大学出版社

重点大学计算机专业系列教材

MSP430系列 单片机原理与工程设计实践

王兆滨 马义德 孙文恒 马永杰 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 MSP430F261x 系列单片机为平台,详细阐述了 MSP430 单片机的内、外部结构组成以及常用片上外设模块的基本工作原理。本书在对基本指令、寻址方式和汇编语言等底层控制原理讲解的基础上,使用 C 语言作为各个片上模块的程序设计语言,既能使读者体会汇编语言的高效,也能感觉到高级语言的方便快捷;内容组织上不贪大求全,而是尽量做到把最常用、最能反映单片机精髓的知识讲细、讲精、讲透,以达到让读者触类旁通的目的;力求做到内容组织独具匠心、理论讲解深入浅出、实例设计简单易懂、习题训练丰富有趣。

本书可以作为高等院校计算机专业、电子信息科学与技术专业、通信工程专业、自动化专业、物联网专业以及其他相关专业本科生的单片机课程教材,也可供广大从事单片机应用系统开发相关的工程技术人员使用。

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

MSP430 系列单片机原理与工程设计实践/王兆滨等编著.--北京:清华大学出版社,2014

重点大学计算机专业系列教材

ISBN 978-7-302-37299-8

I. ①M… II. ①王… 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(2014)第 159944 号

责任编辑:郑寅堃 赵晓宁

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:28.25

字 数:702 千字

版 次:2014 年 10 月第 1 版

印 次:2014 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~1500

定 价:49.50 元

产品编号:060518-01

出版说明

随着国家信息化步伐的加快和高等教育规模的扩大,社会对计算机专业人才的需求不仅体现在数量的增加上,而且体现在质量要求的提高上,培养具有研究和实践能力的高层次的计算机专业人才已成为许多重点大学计算机专业教育的主要目标。目前,我国共有 16 个国家重点学科、20 个博士点一级学科、28 个博士点二级学科集中在教育部部属重点大学,这些高校在计算机教学和科研方面具有一定优势,并且大多以国际著名大学计算机教育为参照系,具有系统完善的教学课程体系、教学实验体系、教学质量保证体系和人才培养评估体系等综合体系,形成了培养一流人才的教学和科研环境。

重点大学计算机学科的教学与科研氛围是培养一流计算机人才的基础,其中专业教材的使用和建设则是这种氛围的重要组成部分,一批具有学科方向特色优势的计算机专业教材作为各重点大学的重点建设项目成果得到肯定。为了展示和发扬各重点大学在计算机专业教育上的优势,特别是专业教材建设上的优势,同时配合各重点大学的计算机学科建设和专业课程教学需要,在教育部相关教学指导委员会专家的建议和各重点大学的大力支持下,清华大学出版社规划并出版本系列教材。本系列教材的建设旨在“汇聚学科精英、引领学科建设、培育专业英才”,同时以教材示范各重点大学的优秀教学理念、教学方法、教学手段和教学内容等。

本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本组织原则和特点。

1. 面向学科发展的前沿,适应当前社会对计算机专业高级人才的培养需求。教材内容以基本理论为基础,反映基本理论和原理的综合应用,重视实践和应用环节。

2. 反映教学需要,促进教学发展。教材要能适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向。在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

3. 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材建设的重点依然是专业基础课和专业主干课;特别注意选择并安排了一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现重点大学

计算机专业教学内容和课程体系改革成果的教材。

4. 主张一纲多本,合理配套。专业基础课和专业主干课教材要配套,同一门课程可以有多本具有不同内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化的关系;基本教材与辅助教材以及教学参考书的关系;文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

5. 依靠专家,择优落实。在制订教材规划时要依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主编。书稿完成后要认真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

教材编委会

前言

MSP430 单片机是美国德州仪器(TI)公司于 1996 年开始推向市场的一种 16 位超低功耗单片机,它具有极低功耗、高性能、丰富的片上外设和通信接口等特点。由于将多个不同功能的模拟电路、数字电路模块和微处理器集成在一块芯片上,所以又称为混合信号处理器。

MSP430 单片机不但具有传统单片机的特征,还具有一些片上系统的特点。因此,国内外很多高等院校已将 MSP430 系列单片机作为单片机相关课程的讲授对象。

利用该单片机进行嵌入式系统教学具有以下特点:

1. 结构简单、资源丰富、使用方便

MSP430 单片机使用的是 16 位 RISC CPU,采用冯·诺依曼存储结构。各个片上外设均挂载在内部总线上,但外设与外设之间、外设与 CPU 之间都是独立工作的,外设与 CPU 通过中断机制联系在一起。MSP430 单片机内嵌有 JTAG 逻辑部件,便于下载和在线仿真。

MSP430 单片机组织结构简洁、便于理解,其核心部件主要包括时钟系统、RISC CPU、Flash、RAM 和相关 I/O 端口,其他片上外设都是对该类单片机的扩展和增强。

MSP430 系列单片机种类丰富多样。目前 MSP430 单片机已具有 F1xx、F2xx、G2xx、F4xx、F5xx、F6xx 六大系列,还有集成有无线收发功能的 CC430 系列,合计约有 600 种,能够满足大多数工程应用场合的需求。

2. 有利于减少外围电路设计

MSP430 单片机中集成大量的片上外围设备,如看门狗、模拟比较器、定时器、串行通信接口、硬件乘法器、液晶驱动器、10 位/12 位 ADC、16 位 ADC、DMA、I/O 端口、基本定时器、实时时钟和 USB 控制器等。充分利用这些片上外设,可以减少嵌入式系统外围电路设计、简化设计流程、节约成本、提高系统可靠性、缩小 PCB 和产品体积。

3. 有利于开展更高层次的学习

MSP430 单片机的内核是 16 位 RISC CPU。在整个单片机系列中,属于中端单片机。在高端 32 位单片机中,一般也是采用 RISC 核,如 Cortex M 系列单

片机。在掌握了 MSP430 单片机原理及其开发技术后,再学习 32 位的高端单片机难度将大为降低。当然在熟悉 MSP430 单片机的基础上学习其他类型的单片机(如 51 单片机)会更加容易。

4. MSP430 单片机的市场逐渐扩大

在美国德州仪器公司多年来的不懈努力下,MSP430 单片机的市场份额在不断增加,已在 16 位单片机市场中独占鳌头。即便是在 8 位单片机市场中,也已对传统的 51 单片机形成了强烈冲击。

5. 符合目前及未来节能降耗的要求

随着世界能源危机日趋严重,迫切需要节能环保的产品。MSP430 单片机与其他单片机相比在低功耗方面有着不可比拟的优势,推广使用 MSP430 单片机符合“节能降耗”的时代要求。

尽管 MSP430 单片机具有以上众多的技术优势,是目前嵌入式系统应用开发所必需的,但是目前能够用于 MSP430 单片机教学的图书较少。尽管这些图书在编写上各有所长,但就课堂教学来说,仍存在一些不足:①有些图书内容大多直接翻译 TI 提供的用户指南和数据手册,并未做进一步加工或整合;②有些图书完全工程化的讲解方式对工程师或具有一定单片机基础的人有参考价值,但不适合初学者。因为这些图书直接讲述单片机的工程应用,对工作原理讲解较少,读者从这些书中获取的信息,只是知其然,而不知其所以然,难以激发创新思维。

为此,在本书编写过程中尽量弥补这些不足,同时融合了我们多年来在嵌入式系统方面的科研积累与教学改革经验,使得本书具有以下鲜明特色:

(1) 在内容组织上打破了传统的参考书式的讲解方式,对各个知识点的内容重新划分整合。然后再按照由浅入深、循序渐进的思路进行重新组织,使之容易被学生接受。

(2) 在实例选择上尽量做到先易后难、先部分后整体,考虑到初学者的特点,力求使实例做到简单易懂。首先让学生通过学习简单的例子激发和培养学生的学习兴趣和探索欲望,然后再逐步提高难度、提升水平。先是单个功能、单个模块地学习,逐步转换成对整个系统的分析和设计。

(3) 秉承“理论学习是认识单片机的起点,设计单片机系统是最终落脚点”的理念。在理论讲解的基础上,通过实例让学生对单片机的认识形象化,配合丰富、有趣的习题练习使学生对于单片机的理解硬件化或产品化。

本书以 MSP430F261x 为例,全面、翔实地介绍了 MSP430 单片机结构组成、工作原理以及常用模块的使用方法。内容组织上不贪大求全,而是尽量做到把最常用、最能反映单片机精髓的知识讲细、讲精、讲透,以达到让读者触类旁通的目的。在组织结构上,全书共分为 10 章,第 1 章介绍了与嵌入式系统相关的基本知识;第 2 章介绍了 MSP430 单片机的内部结构和外部组成、单片机启动初始化过程和中断系统原理;第 3 章详细介绍了 MSP430 单片机寻址方式、指令系统以及基本汇编程序设计知识;第 4 章主要讲述了 MSP430 单片机 C 程序设计的相关知识;第 5~9 章分别讲述了 MSP430 单片机的输入输出端口及常用接口设计、时钟系统、定时器、模数转换器、数模转换器、通用串行通信接口、存储器、DMA 等常用片上模块的工作原理及使用方法;第 10 章介绍了 MSP430 单片机应用系统设计基础。

书中各章节的知识点都提供了简单易懂的例程,本书所有例程均在 IAR Embedded

Workbench For MSP430 v5 调试通过。每章附有大量习题供学生课下巩固本章内容,部分习题可以训练学生的创新思维能力。

总之,全书结构紧凑、布局合理,具有一定的通用性、系统性和实用性。内容叙述力求简洁、凝练。力求做到深入浅出的理论讲解、简单易懂的实例设计、丰富有趣的习题练习、独具匠心的知识体系。为了便于学习和阅读 TI 公司提供的相关原始数据资料,本书中使用的逻辑电路符号与 TI 公司官方资料中使用的符号保持一致。

在本书的编写和出版过程中得到了兰州大学信息科学与工程学院电路与系统研究所田毅、张燕、孙晓光、何晋红、李同庆、于婷、鲁相玉、王浩、郑绪、李化乐、王帅、许天放、李剑等研究生,以及兰州大学信息科学与工程学院的 2011 级电子信息科学与技术专业的严海月、刘乐阳、荆莹、李夏等本科生的协助。感谢他们在资料搜集、书稿整理、程序调试、后期校稿等方面所做的工作。此外,书中例题参考了 TI 官方网站提供的大量例程,个别例题及部分内容也参考了互联网上的有关资料,在此向这些资料的作者一并表示诚挚的感谢。

需要特别指出的是,本教材的出版得到了兰州大学教材建设基金资助。感谢美国德州仪器公司大学计划给予兰州大学 MSP430&Cortex M 单片机联合实验室的支持。

由于作者水平所限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 8 月于兰州大学

目录

第 1 章 绪论	1
1.1 嵌入式系统概述	1
1.1.1 嵌入式系统的定义	1
1.1.2 嵌入式系统的构成	2
1.1.3 嵌入式系统的特点	2
1.1.4 嵌入式系统的发展	3
1.1.5 嵌入式系统应用	4
1.2 嵌入式处理器	5
1.2.1 嵌入式处理器分类	5
1.2.2 嵌入式处理器的体系结构	7
1.2.3 常见嵌入式处理器	9
1.2.4 嵌入式处理器的发展	12
1.3 MSP430 系列单片机	13
1.3.1 典型特点	13
1.3.2 命名规则	15
1.3.3 产品系列概况	17
1.3.4 应用场合	21
1.4 集成开发环境快速入门	22
1.4.1 IAR EW430 快速入门	22
1.4.2 TI CCS 快速入门	27
习题	32
第 2 章 MSP430 单片机结构组成	33
2.1 MSP430 单片机内部结构	33
2.1.1 中央处理器	33
2.1.2 存储空间组织结构	37
2.1.3 时钟系统	38

2.1.4	系统增强性模块	39
2.1.5	片上外设	39
2.1.6	JTAG 调试	40
2.2	MSP430 单片机的外部结构	40
2.2.1	封装类型	40
2.2.2	引脚说明	42
2.2.3	MSP430 单片机最小系统	44
2.3	MSP430 单片机的初始化	45
2.3.1	复位信号	46
2.3.2	掉电复位	46
2.3.3	电源电压监测	48
2.3.4	系统初始化	51
2.4	MSP430 单片机的中断系统	51
	习题	59
第 3 章	MSP430 单片机指令系统	61
3.1	指令系统概述	61
3.1.1	指令的表示方法	61
3.1.2	寻址方式	62
3.2	指令系统	65
3.2.1	数据传送指令	65
3.2.2	算术运算指令	70
3.2.3	逻辑操作指令	75
3.2.4	位操作指令	79
3.2.5	控制转移指令	80
3.3	指令格式与指令周期	81
3.3.1	指令格式	82
3.3.2	指令周期	83
3.3.3	指令长度	84
3.4	MSP430X 指令系统	85
3.4.1	指令集的扩展	85
3.4.2	指令集扩展对程序设计的影响	87
3.5	MSP430 单片机汇编语言基础	88
3.5.1	伪指令	88
3.5.2	汇编语言程序设计基础	88
3.5.3	汇编语言与高级语言	92
	习题	93

第 4 章	MSP430 单片机 C 语言程序设计	94
4.1	单片机程序设计概论	94
4.1.1	程序设计方法	94
4.1.2	单片机程序设计基础	95
4.1.3	单片机程序设计的一般步骤	97
4.2	C 语言程序设计基础	98
4.2.1	概述	98
4.2.2	变量与常量	99
4.2.3	运算符与表达式	101
4.2.4	常见程序结构	104
4.2.5	函数	108
4.2.6	构造类型	113
4.2.7	指针类型	119
4.2.8	预处理	122
4.2.9	typedef 定义类型	125
4.3	MSP430 单片机 C 语言程序设计	126
4.3.1	扩展的数据类型与关键字	126
4.3.2	函数的扩展	129
4.3.3	规范化编程	134
4.3.4	C 语言与汇编语言的混合程序	136
	习题	136
第 5 章	MSP430 单片机输入输出接口	138
5.1	MSP430 单片机的数字 IO 端口	138
5.1.1	控制寄存器	139
5.1.2	内部结构	141
5.1.3	电气特性	144
5.1.4	端口应用	147
5.2	LED 显示接口设计	150
5.2.1	LED 发光原理	151
5.2.2	LED 数码管	152
5.2.3	点阵 LED	158
5.3	LCD 接口设计	162
5.3.1	LCD 显示原理	162
5.3.2	段式 LCD	165
5.3.3	点阵 LCD	167
5.4	键盘接口设计	168
5.4.1	键盘分类	168

5.4.2	矩阵式键盘的工作原理	169
5.4.3	消抖方法	171
5.4.4	按键扫描方式	173
5.4.5	按键程序设计	177
5.4.6	触摸按键	177
习题		180
第 6 章 MSP430 单片机时钟系统与定时器		182
6.1	时钟系统	182
6.1.1	时钟系统的结构	182
6.1.2	时钟系统与单片机运行方式	191
6.1.3	时钟失效处理	194
6.1.4	时钟频率与工作电压	198
6.2	定时器 A	198
6.2.1	定时器 A 的结构组成	199
6.2.2	定时计数部件	199
6.2.3	捕获/比较部件	206
6.3	定时器 B	217
6.3.1	逻辑结构	218
6.3.2	定时计数部件	219
6.3.3	捕获/比较部件	219
6.4	看门狗	222
6.4.1	逻辑结构	222
6.4.2	定时模式	225
6.4.3	看门狗模式	227
习题		228
第 7 章 MSP430 单片机模拟信号处理		230
7.1	控制系统基本概念	230
7.1.1	自动控制系统	230
7.1.2	单片机控制系统	231
7.1.3	MSP430 单片机集成的模拟设备	232
7.2	模数转换模块	233
7.2.1	模数转换概述	233
7.2.2	MSP430 单片机 ADC12 模块	236
7.2.3	ADC12 工作过程	246
7.2.4	转换模式	248
7.3	数模转换模块	256
7.3.1	数模转换概述	256

7.3.2	MSP430 单片机 DAC12 模块	258
7.3.3	DAC12 应用举例	265
	习题	269
第 8 章	MSP430 单片机串行通信	271
8.1	串行通信概述	271
8.1.1	串行通信基本概念	271
8.1.2	常见串行通信接口	275
8.1.3	MSP430 的串行通信模块	277
8.2	异步串行通信	278
8.2.1	UART 工作原理	279
8.2.2	多机通信模式	291
8.2.3	带有自动波特率检测的 UART	297
8.2.4	红外通信	299
8.2.5	软件模拟 UART 通信	303
8.3	I ² C 通信	307
8.3.1	I ² C 概述	307
8.3.2	I ² C 逻辑结构	310
8.3.3	中断与初始化	314
8.3.4	工作模式	317
8.3.5	软件模拟 I ² C 通信	328
8.4	SPI 通信	332
8.4.1	SPI 总线及工作原理	332
8.4.2	SPI 模块	333
8.4.3	SPI 连接方式	338
8.4.4	软件模拟 SPI 通信	341
	习题	344
第 9 章	MSP430 单片机存储系统	347
9.1	存储器概述	347
9.1.1	半导体存储器	347
9.1.2	Flash 存储原理	349
9.1.3	FRAM 存储原理	350
9.2	MSP430 单片机存储系统	351
9.2.1	地址空间划分及访问方式	351
9.2.2	数据存储器	352
9.2.3	程序存储器	353
9.3	Flash 控制器及应用	356
9.3.1	Flash 控制器	356

9.3.2	Flash 的操作	361
9.4	MSP430 单片机存储器的扩展	365
9.4.1	存储器扩展	365
9.4.2	SD 卡的应用	369
9.5	直接存储器存取	372
9.5.1	DMA 模块的结构与工作原理	372
9.5.2	DMA 传输模式	374
9.5.3	DMA 触发源	377
	习题	382
第 10 章	MSP430 单片机应用系统设计基础	384
10.1	单片机应用系统设计概述	384
10.1.1	单片机应用系统设计一般步骤	384
10.1.2	基于 MSP430 单片机的应用系统设计	386
10.2	单片机应用系统的抗干扰与低功耗设计	395
10.2.1	抗干扰技术	395
10.2.2	低功耗设计技术	398
10.3	嵌入式操作系统的应用	399
10.3.1	嵌入式操作系统基础	399
10.3.2	$\mu\text{C}/\text{OS II}$ 在 430 单片机上的移植	403
10.3.3	基于 $\mu\text{C}/\text{OS II}$ 的单片机系统开发	409
	习题	412
附录 A	中断向量速查表	414
附录 B	端口功能速查表	415
附录 C	寄存器速查表	420
	参考文献	435

绪 论

第 1 章

1.1 嵌入式系统概述

从计算机发展的历程来看,嵌入式系统诞生于计算机的微型机时代。微型机以其体积小、价位低、性能可靠的特点迅速发展、广泛应用。与此同时,大型机电设备的智能化控制要求日益强烈,因此将微型机嵌入到大型机电设备中以实现设备的智能化控制成为必然趋势。这样微型机就成为嵌入到特定机电系统中的专用计算机,最早的嵌入式系统也就应运而生。嵌入式系统经过几十年的不断创新和探索,已进入高速发展和普及时期,其发展惠及小至日常生活、大至国防航天。嵌入式系统的迅速发展表明,它正朝着更智能、更方便、更高效、更安全、更可靠的方向发展。

1.1.1 嵌入式系统的定义

嵌入式系统(Embedded System)是一个具有特定功能的专用计算机系统,因此与常见的通用计算机相比有所不同。嵌入式系统通常是在一个大系统中用于特定功能的控制,并且还具有一定的实时性要求。目前,由于嵌入式系统的内涵与外延较广、涉及内容较多,很难给它下一个严格的定义。即便是现有定义也“仁者见仁、智者见智”。例如,美国电气和电子工程师协会(IEEE)对嵌入式系统给出的定义是:“devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants”,即嵌入式系统是可用于控制、监视、辅助装备、机器或设备运行的装置。该定义反映出嵌入式系统涵盖软硬件范畴,既有硬件平台也有软件支持。

目前国内普遍认同的一个定义是:嵌入式系统是以应用为中心、以计算机技术为基础、软硬件可裁剪、适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。

1.1.2 嵌入式系统的构成

与计算机系统一样,嵌入式系统也由硬件部分和软件部分组成。具体地说,嵌入式系统一般由嵌入式处理器、操作系统、应用程序和输入输出设备等部分组成,如图 1.1 所示。

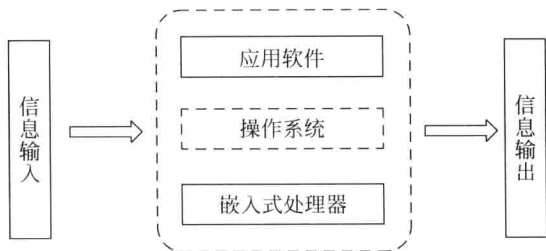


图 1.1 嵌入式系统组成框图

嵌入式处理器是整个嵌入式系统的真正核心,犹如人的大脑。由于超大规模集成电路的迅速发展,嵌入式处理器中大都具有丰富的资源。以 MSP430 单片机为例,只需要在一片嵌入式处理器上添加电源电路就构成了一个嵌入式核心控制单元。

嵌入式处理器与通用处理器的最大区别是,嵌入式处理器大多工作于专门设计的应用场合,它将许多外接辅助设备集成到芯片上成为其内部资源。因此,嵌入式系统可以设计得比较小巧,同时兼有高效率和高可靠性。

信息的输入输出设备是嵌入式处理器与外界进行信息交换的必经之地。它首先将获取的外界信息传输给嵌入式处理器进行分析处理,然后再将处理后的结果输出到外界。例如,在温控系统中,首先将温度传感器感知到的温度变化信息传输给处理器,处理器分析处理后,再将是否需要启用继电器的信号传输给外部的继电器。

硬件部分为嵌入式系统搭建好了运行的平台,软件部分才是平台上的主角,也是整个嵌入式系统的灵魂。嵌入式系统软件由操作系统和应用软件组成。

在早期的嵌入式系统或较简单的嵌入式系统中一般没有操作系统,而是直接在硬件平台上开发并运行应用程序。但随着嵌入式系统的软硬件资源越来越多,整个系统资源的有效管理和利用成为一个突出问题。嵌入式操作系统的出现解决了这一系列问题。

嵌入式操作系统是一种支持嵌入式系统应用的操作系统软件。它能够有效管理越来越复杂的系统资源;能够把硬件虚拟化,使得开发人员从繁忙的驱动程序移植和维护中解脱出来;可以提供库函数、标准设备驱动程序及工具集等。通常包括与硬件相关的底层驱动软件、系统内核、设备驱动接口、通信协议、图形界面和标准化浏览器等。

1.1.3 嵌入式系统的特点

嵌入式系统应用领域多、形态各异。从结构组成上,嵌入式系统是集软硬件于一体的、可独立工作的计算机系统;从外观上,嵌入式系统又是一个“可编程”的逻辑器件;从功能上,它还是能对宿主对象进行“智能”控制的控制器。相对于通用计算机系统而言,嵌入式系统具有以下特点。

1. 专用性

嵌入式系统是针对某一领域的特定应用而设计的,不具有通用性。利用路由器中的嵌

入式系统与移动手机的嵌入式系统完全是两码事。嵌入式系统的硬件和软件都是为特定应用对象而设计的,它通常都具有某种专用性的特征。

2. 实时性

工业控制、数据通信、数据采集等是嵌入式系统的重要应用领域。在这些领域中对嵌入式系统的实时性均有较高的要求,这就需要从软硬件方面进行精心设计。例如,软件上通过精心设计可以使嵌入式系统快速地响应外部事件,硬件上通过特殊设计与布局可使系统响应时间缩短,进而提升整个系统的实时性。

当然,随着嵌入式系统在消费性电子产品的广泛应用,它们对实时性的要求相对较宽松,像目前十分流行的智能数码产品如移动电话、PDA、MP3、数码相机等。它们对实时性的要求不高,只要能够满足人的需求即可。但总体来说,实时性是对嵌入式系统的普遍要求。

3. 低功耗

嵌入式系统的应用环境决定了低功耗是嵌入式系统追求的目标之一。尤其对于便携式设备而言,它们由于不可能配备容量较大的电源,因此降低功耗是延长工作时间的最主要手段。目前有些处理器的功耗已降至毫瓦甚至微瓦级。为了降低系统功耗,通常一方面选择使用低功耗的嵌入式处理器,另一方面采用降低系统功耗的设计方法,如将嵌入式系统的相关软件固化在存储器中。

4. 可靠性

可靠性是对嵌入式系统的基本要求,特别是在产品质量、人身安全、国家机密及无人值守等场合。一旦出现不可靠情况,将会造成很大危害。所以与普通系统相比,对嵌入式系统可靠性的要求极高。

5. 资源受限

由于嵌入式系统对成本、体积、功耗有严格要求,使得嵌入式系统的资源与通用计算机相比相当紧缺。因此,在软硬件设计时都需精细设计以充分利用有限的资源。

另外,绝大多数嵌入式系统本身不具备自举开发能力,必须通过特定的开发工具和环境才能完成系统应用软件的开发和修改,普通用户一般不能对其中的程序功能进行修改。

1.1.4 嵌入式系统的发展

嵌入式系统的发展与嵌入式处理器的发展密不可分,可以说,没有嵌入式处理器也就没有嵌入式系统。随着嵌入式处理器的飞速发展,嵌入式系统也大致经历4个发展阶段。

(1) 单片机时代。该阶段以4位或8位嵌入式处理器为核心进行嵌入式系统的设计与开发。其主要特点是结构与功能相对单一、效率低、存储容量小,主要用于专业性极强的工业控制领域。该系统上一般没有操作系统。但是该类系统使用简单、开发方便、价格便宜。目前在工业控制领域仍被广泛应用。

(2) 微控制器时代。该阶段以8位或16位嵌入式处理器为核心进行应用系统开发。该类系统中一般具有简单的操作系统。该阶段的嵌入式系统主要用于提升应用对象的自动化及智能化水平,最典型的是在智能仪器仪表和智能家电等方面的应用。

(3) 以32位嵌入式处理器为基础,配合嵌入式操作系统的应用为标志的嵌入式系统。