

高等院校信息技术规划教材

基于ARM的嵌入式 系统原理及应用

刘彦文 编著



清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

基于ARM的嵌入式 系统原理及应用

刘彦文 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

近年来,国内教学科研单位的嵌入式教学实验平台以及开发平台使用基于 ARM 核的 S3C2440A、S3C2410A、S3C44B0X 微处理器芯片较为广泛。本书以这三款微处理器为例,系统全面地描述微处理器组成及程序员模型,ARM 指令系统,汇编语言特性及编程基础,主存储器及 Nand Flash 存储器组成,芯片内部各控制器、接口、外设的组成和原理,以及与开发应用相关的技术。另外,通过举例描述这三款微处理器与片外配套芯片或设备的接口技术及应用。

本书从使用嵌入式微处理器角度出发,注重实现技术,内容新颖,实用性强,书中有大量的图、表、例和程序,每章都附有习题,便于读者学习。

本书适用于高等院校嵌入式系统、计算机等专业的本科生作为嵌入式系统组成原理及应用、嵌入式系统原理及接口技术课程的教材使用,也可作为研究生的参考教材,还可作为培训教材或研发人员的参考书使用。

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

基于 ARM 的嵌入式系统原理及应用/刘彦文编著. —北京:清华大学出版社,2017

(高等院校信息技术规划教材)

ISBN 978-7-302-45361-1

I. ①基… II. ①刘… III. ①微处理器—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 260891 号

责任编辑:袁勤勇 张爱华

封面设计:常雪影

责任校对:梁 毅

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:31.5

字 数:749 千字

版 次:2017 年 2 月第 1 版

印 次:2017 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~1500

定 价:59.00 元

产品编号:071719-01

前言

Foreword

基于 ARM7、ARM9 核的微处理器芯片目前仍然是市场上出货量最大的芯片,其主要原因是这些芯片中使用的技术已经经过市场上大量产品的验证。由于这些微处理器芯片在市场上广泛地使用,因此可以确保产品设计者能够获得广泛的技术支持,从而最大限度地减少开发过程中出现的问题并缩短产品上市时间。这些芯片出货量大的另外一个原因是嵌入式系统往往嵌入在机械设备中,基于成本考虑,对嵌入式微处理器的要求不是速度越快越好,而是够用就行。此外,基于 ARM7、ARM9 核的微处理器是学习更高档次嵌入式微处理器的基础和入门,国内也有大量的教学实验及开发平台。

本书主要内容可以分为三部分。

第 1 章描述了嵌入式系统组成,并对嵌入式微处理器、操作系统作了简介。

第 2~9 章以 S3C2440A、S3C2410A、S3C44B0X 微处理器为例,系统、全面地描述微处理器的组成及程序员模型,ARM 指令系统,汇编语言特性及编程基础,主存储器及 Nand Flash 存储器组成,时钟与电源管理、DMAC 及总线主设备优先权,GPIO 端口及中断控制器,脉宽调制定时器、实时时钟及看门狗定时器,ADC 与触摸屏接口、片外 DAC 连接举例,包括它们的特殊功能寄存器含义及编程举例。

第 10、11 章描述 S3C2440A、S3C2410A、S3C44B0X 片内 UART(通用异步收发器)、IIC(内部集成电路总线)、IIS(集成电路内部声音总线)、SPI(串行外设接口)、SIO(串行输入/输出)、MMC/SD/SDIO 主控制器、LCD 控制器、USB 主控制器及设备控制器、CAMERA 接口、AC97 控制器,包括它们的组成和原理。

建议在开设计算机组成原理或微机接口技术、C 语言课程以后开设本课程。

感谢本书编写、出版过程中给予我帮助的每一个人,尤其感谢李惠林女士,在稿件交付出版社前,承担了书稿的全部录入、校对、

编排工作,并在统稿过程中提出了许多修改意见;感谢清华大学出版社袁勤勇主任在书名确定、稿件篇幅等方面给出的修改意见。在本书的编写过程中,除了书末列出的参考文献外,还参考和引用了一些公司的公开技术资料、随机资料和程序,如 ARM 公司、三星公司和国内的博创公司。在此向这些文献的撰写者表示感谢。

另外,书中一些名词术语在不引起读者误读的情况下,没有强行统一,因为在不同的参考文献中,例如标准(规范、协议)、微处理器厂商、配套芯片厂商的资料中,同一个名词术语可能会有不同的写法。

虽然作者试图通过多次核对参考文献的内容,来减少书中可能会出现错误或作者自己理解、描述不准确的地方,但由于作者水平限制,书中难免存在疏漏和不当之处,敬请广大专家和读者批评指正。联系邮箱:cslyw@imu.edu.cn。

刘彦文

2016 年 7 月

目录

Contents

第 1 章 嵌入式系统组成简介	1
1.1 嵌入式系统定义、发展历程、应用举例、主要特点	1
1.1.1 嵌入式系统定义	1
1.1.2 嵌入式系统发展历程	1
1.1.3 嵌入式系统应用举例	2
1.1.4 嵌入式系统主要特点	3
1.2 嵌入式系统硬件组成及软件组成举例	4
1.2.1 嵌入式系统硬件组成举例	4
1.2.2 嵌入式系统软件组成举例	4
1.3 嵌入式微处理器简介	6
1.3.1 嵌入式微处理器分类	6
1.3.2 主流嵌入式微处理器简介	8
1.4 嵌入式操作系统简介	11
1.4.1 嵌入式操作系统主要特点	11
1.4.2 主流嵌入式操作系统简介	12
1.5 ARM 系列嵌入式微处理器简介	16
1.5.1 ARM 系列处理器核的命名规则与性能	16
1.5.2 ARM 指令集结构版本和变异	19
1.6 本章小结	22
1.7 习题	23
第 2 章 微处理器组成及程序员模型	24
2.1 S3C2440A 微处理器概述	24
2.2 S3C2440A 微处理器组成与引脚信号	25
2.2.1 S3C2440A 微处理器组成	25
2.2.2 S3C2440A 芯片封装及引脚编号与引脚 信号名	29



2.2.3 S3C2440A 特殊功能寄存器简介	30
2.3 ARM920T 核	31
2.3.1 ARM920T 简介	31
2.3.2 ARM920T 指令系统特点	31
2.3.3 ARM920T 功能模块	32
2.4 程序员模型	34
2.4.1 处理器操作状态	34
2.4.2 存储器格式和数据类型	34
2.4.3 处理器操作方式	36
2.4.4 寄存器	37
2.4.5 程序状态寄存器	40
2.4.6 异常	42
2.4.7 Reset	46
2.5 S3C2410A 微处理器组成	46
2.6 本章小结	47
2.7 习题	47
第 3 章 ARM 指令系统	49
3.1 ARM 指令系统概述	49
3.2 ARM 指令集	50
3.2.1 ARM 指令集概述	50
3.2.2 ARM 指令集指令的条件执行	51
3.3 ARM 存储器访问指令	52
3.3.1 字、无符号字节装入/存储指令	52
3.3.2 半字装入/存储指令、带符号字节/半字装入指令	54
3.3.3 块数据传送指令	56
3.3.4 单个数据交换指令	60
3.4 ARM 数据处理指令	61
3.4.1 ARM 数据处理指令概述	61
3.4.2 ARM 数据处理指令程序举例	69
3.5 ARM 分支指令	71
3.5.1 分支并且转换状态指令	71
3.5.2 分支、分支并且连接指令	72
3.6 ARM 程序状态寄存器传送指令	73
3.7 ARM 乘法指令	75
3.7.1 乘、乘累加指令	75
3.7.2 长乘、长乘累加指令	76
3.8 ARM 软件中断指令	77

3.9 ARM 协处理器指令	78
3.9.1 协处理器介绍	78
3.9.2 协处理器数据操作指令	79
3.9.3 协处理器数据传送指令	80
3.9.4 协处理器寄存器传送指令	82
3.10 Thumb 指令集	83
3.10.1 Thumb 指令集特点	83
3.10.2 移位并传送、加/减、传送/比较/加/减立即数指令	85
3.10.3 ALU 操作指令	86
3.10.4 高寄存器组操作、分支并且转换状态指令	86
3.10.5 装入/存储指令	87
3.10.6 装入地址、加偏移量到 SP、压栈/出栈、多寄存器装入/存储 指令	88
3.10.7 条件分支、软件中断、无条件分支、长分支并且连接指令	89
3.11 本章小结	90
3.12 习题	90
第 4 章 ARM 汇编语言特性与编程基础	95
4.1 ARM 汇编语言特性	95
4.1.1 行格式、预定义名和内建变量	95
4.1.2 ARM 伪指令与 Thumb 伪指令	97
4.1.3 符号与指示符	101
4.1.4 与代码有关的指示符	105
4.1.5 与数据定义有关的指示符	107
4.1.6 符号定义指示符	114
4.1.7 汇编控制指示符	120
4.1.8 报告指示符	124
4.1.9 表达式和操作符	125
4.2 ARM 汇编语言编程基础	128
4.2.1 汇编语言和汇编器	128
4.2.2 调用子程序	128
4.2.3 条件执行	129
4.2.4 装入常数到寄存器	130
4.2.5 装入地址到寄存器	133
4.2.6 装入和存储多个寄存器指令	138
4.2.7 多路分支	139
4.2.8 宏定义、宏调用及宏替换举例	140
4.3 本章小结	141

4.4 习题	141
第 5 章 主存储器及 Nand Flash 存储器组成	144
5.1 S3C2440A/S3C2410A 存储器控制器	144
5.1.1 S3C2440A 与存储器相关的特性	144
5.1.2 与存储器芯片连接的 S3C2440A 引脚信号含义及使用	146
5.1.3 S3C2440A 存储器总线周期定时关系举例	152
5.1.4 S3C2440A 存储器控制器特殊功能寄存器	156
5.2 S3C2440A/S3C2410A 存储器组成举例	162
5.2.1 使用 Nor Flash 芯片作为引导 ROM	162
5.2.2 使用 SDRAM 芯片举例	167
5.3 S3C2410A 存储器控制器与以太网控制器连接举例	178
5.4 S3C2410A 存储器控制器初始化设置举例	178
5.5 S3C44B0X 存储器组成举例	181
5.5.1 存储器控制器概述	181
5.5.2 存储器控制器选择大/小端数据格式及数据总线宽度	182
5.5.3 存储器控制器特殊功能寄存器	183
5.5.4 存储器组成举例	184
5.5.5 存储器控制器初始化设置举例	184
5.6 K9F1208U0M Nand Flash 芯片应用基础	185
5.6.1 两种引导模式	185
5.6.2 Nand Flash 概述	186
5.6.3 K9F1208U0M Nand Flash 芯片特点及结构	186
5.6.4 K9F1208U0M Nand Flash 芯片命令集和状态寄存器	191
5.6.5 K9F1208U0M Nand Flash 芯片操作举例	192
5.6.6 K9F1208U0M 使用注意事项	193
5.7 S3C2410A Nand Flash 存储器组成举例	194
5.7.1 S3C2410A Nand Flash 控制器	194
5.7.2 S3C2410A Nand Flash 控制器特殊功能寄存器	196
5.7.3 S3C2410A Nand Flash 存储器组成举例	198
5.7.4 S3C2410A 读 Nand Flash 程序举例	198
5.8 S3C2440A/S3C44B0X Nand Flash 存储器组成举例	200
5.8.1 S3C2440A Nand Flash 控制器	200
5.8.2 S3C2440A Nand Flash 存储器组成举例	201
5.8.3 S3C44B0X Nand Flash 存储器组成举例	202
5.9 本章小结	202
5.10 习题	202

第 6 章 时钟与电源管理、DMAC 及总线主设备优先权	205
6.1 功耗管理、时钟与电源管理概述	205
6.1.1 CMOS 电路的功耗与功耗管理基础	205
6.1.2 S3C2440A 时钟与电源管理概述	207
6.1.3 时钟与电源管理用到的 S3C2440A 引脚信号	207
6.2 S3C2440A 时钟发生器	208
6.2.1 时钟发生器框图	208
6.2.2 时钟源的选择	209
6.2.3 锁相环	210
6.2.4 时钟控制逻辑	211
6.3 S3C2440A 电源管理	213
6.3.1 电源管理模式的转换	213
6.3.2 电源管理模式	214
6.3.3 S3C2440A 电源引脚	217
6.4 S3C2440A 时钟与电源管理特殊功能寄存器	218
6.5 S3C2410A/S3C44B0X 时钟与电源管理	222
6.5.1 S3C2410A 时钟与电源管理	222
6.5.2 U-Boot 对 S3C2410A 时钟与电源管理特殊功能寄存器初始设置 代码	223
6.5.3 S3C44B0X 时钟与电源管理	224
6.5.4 S3C44B0X 时钟与电源管理特殊功能寄存器设置程序举例	225
6.6 DMA 基础	225
6.6.1 DMA 含义	225
6.6.2 DMAC 控制输入传输举例	226
6.6.3 总线主设备、从设备	228
6.7 S3C2440A/S3C2410A DMA 传输	228
6.7.1 DMA 概述	228
6.7.2 存储器到外设 DMA 传输举例	229
6.7.3 DMA 用到的 S3C2440A 引脚信号	231
6.8 S3C2440A/S3C2410A DMA 请求、有限状态机和协议	231
6.8.1 硬件 DMA 请求与软件 DMA 请求	231
6.8.2 用于 DMA 操作的有限状态机	232
6.8.3 外部 DMA 请求/响应协议	233
6.8.4 Unit/Burst 传输、数据尺寸与自动重装	235
6.8.5 外部 DMA 请求/响应协议传输举例	236
6.9 S3C2440A/S3C2410A DMA 特殊功能寄存器	237
6.10 S3C2410A DMA 存储器到存储器传输测试举例	241

6.11	S3C44B0X DMA 传输	245
6.11.1	DMA 概述	245
6.11.2	ZDMA/BDMA 操作	246
6.11.3	外部 DMA 请求/响应协议	247
6.11.4	DMA 传输模式	249
6.11.5	DMA 请求源选择	250
6.12	总线主设备优先权	251
6.12.1	S3C2440A/S3C2410A 总线主设备优先权	251
6.12.2	S3C44B0X 总线主设备优先权	251
6.13	本章小结	252
6.14	习题	252
第 7 章	GPIO 端口及中断控制器	255
7.1	S3C2440A/S3C2410A GPIO 端口及其他寄存器概述、引脚信号	255
7.1.1	GPIO 端口及其他寄存器概述	255
7.1.2	与 GPIO 端口及其他寄存器相关的 S3C2440A/S3C2410A 引脚 信号	256
7.2	S3C2440A/S3C2410A GPIO 端口控制	258
7.3	S3C2440A/S3C2410A GPIO 端口特殊功能寄存器	259
7.3.1	端口 A~端口 J 寄存器组	259
7.3.2	其他寄存器	267
7.4	S3C2410A GPIO 端口定义、设置、应用程序举例	275
7.4.1	GPOI 端口特殊功能寄存器在程序中定义	275
7.4.2	GPIO 端口初始设置举例	277
7.4.3	GPIO 端口应用程序举例	277
7.5	S3C44B0X GPIO 端口	279
7.6	S3C2440A/S3C2410A 与中断有关的寄存器、中断处理过程	280
7.6.1	与中断有关的寄存器	280
7.6.2	中断处理过程	282
7.7	S3C2440A/S3C2410A 中断控制器操作、中断源及中断优先权	283
7.7.1	中断控制器操作	283
7.7.2	中断源	284
7.7.3	中断优先权产生模块	285
7.8	S3C2440A/S3C2410A 中断控制器特殊功能寄存器	287
7.9	S3C2410A 中断程序举例	293
7.10	S3C44B0X 中断控制器	300
7.10.1	中断控制器概述及 G 组端口寄存器、外部中断控制/登记 寄存器	300

7.10.2	中断控制器操作	303
7.10.3	中断源	304
7.10.4	中断优先权产生模块	305
7.10.5	用于 IRQ 的向量中断方式	306
7.10.6	向量与非向量中断方式程序举例	306
7.10.7	中断控制器特殊功能寄存器	308
7.11	本章小结	315
7.12	习题	315
第 8 章	脉宽调制定时器、实时时钟及看门狗定时器	318
8.1	脉宽调制定时器	318
8.1.1	S3C2440A/S3C2410A 脉宽调制定时器概述	318
8.1.2	S3C2440A/S3C2410A 脉宽调制定时器操作	321
8.1.3	S3C2440A/S3C2410A 脉宽调制定时器特殊功能寄存器	326
8.1.4	S3C2410A 脉宽调制定时器应用举例	328
8.1.5	S3C44B0X 脉宽调制定时器	331
8.2	实时时钟	332
8.2.1	S3C2440A/S3C2410A 实时时钟概述	332
8.2.2	S3C2440A/S3C2410A 实时时钟组成与操作	332
8.2.3	S3C2440A/S3C2410A 实时时钟特殊功能寄存器	334
8.2.4	S3C2410A 实时时钟程序举例	338
8.2.5	S3C44B0X 实时时钟	340
8.3	看门狗定时器	340
8.3.1	看门狗定时器概述	340
8.3.2	S3C2440A/S3C2410A 看门狗定时器操作	341
8.3.3	S3C2440A/S3C2410A 看门狗定时器特殊功能寄存器	342
8.3.4	S3C2410A 看门狗定时器程序举例	343
8.3.5	S3C44B0X 看门狗定时器	346
8.4	本章小结	346
8.5	习题	347
第 9 章	ADC 与触摸屏接口、片外 DAC 连接举例	349
9.1	ADC 与触摸屏接口基础知识	349
9.1.1	ADC 基础知识	349
9.1.2	四线电阻式触摸屏接口基础知识	350
9.2	S3C2440A/S3C2410A ADC 与触摸屏接口概述	352
9.2.1	概述	352



9.2.2	主要特点	353
9.2.3	ADC 与触摸屏接口用到的 S3C2440A/S3C2410A 引脚信号	353
9.3	S3C2440A/S3C2410A ADC 与触摸屏接口操作	353
9.3.1	功能框图	353
9.3.2	触摸屏应用举例	353
9.3.3	功能描述	355
9.4	S3C2440A/S3C2410A ADC 与触摸屏接口特殊功能寄存器	356
9.5	S3C2410A ADC 与触摸屏接口程序举例	360
9.5.1	ADC 程序举例	360
9.5.2	ADC 与触摸屏接口程序举例	361
9.6	S3C44B0X ADC 与片外触摸屏控制器	363
9.6.1	S3C44B0X ADC 概述	363
9.6.2	S3C44B0X ADC 组成与操作	364
9.6.3	S3C44B0X ADC 特殊功能寄存器	366
9.6.4	S3C44B0X ADC 特殊功能寄存器使用举例	367
9.6.5	S3C44B0X 与片外触摸屏控制器 ADS7843 连接举例	368
9.7	微处理器片外 DAC 连接举例	372
9.7.1	DAC 硬件基础	372
9.7.2	S3C2410A 与 DAC 芯片连接举例	374
9.8	本章小结	374
9.9	习题	375
第 10 章	微处理器片内串行传输模块	376
10.1	UART	377
10.1.1	串行异步通信基础	377
10.1.2	S3C2410A UART 组成及操作	380
10.1.3	S3C2410A UART 与 RS-232C 接口连接举例	383
10.1.4	S3C2410A UART 与红外收发器连接举例	385
10.2	IIC 总线接口	386
10.2.1	IIC 总线接口概述	386
10.2.2	S3C2410A IIC 总线接口特点	388
10.2.3	S3C2410A IIC 总线接口组成及操作方式中的功能关系	388
10.2.4	S3C2410A IIC 总线接口 4 种操作方式	392
10.3	IIS 总线接口	392
10.3.1	常用 IIS 总线接口概述	392
10.3.2	S3C2410A IIS 总线接口概述	393
10.3.3	S3C2410A IIS 总线接口组成和发送/接收方式	394
10.3.4	S3C2410A IIS 音频串行接口数据格式	395

10.4	SPI 总线接口	396
10.4.1	常用 SPI 总线接口概述	396
10.4.2	S3C2410A SPI 总线接口特点及引脚信号	398
10.4.3	S3C2410A SPI 总线接口组成和操作	399
10.4.4	S3C2410A SPI 传输格式	400
10.5	S3C44B0X SIO 接口	401
10.5.1	S3C44B0X SIO 概述	401
10.5.2	S3C44B0X SIO 接口模块组成	401
10.5.3	S3C44B0X SIO 通常方式操作	402
10.5.4	S3C44B0X SIO 发送/接收定时图	402
10.6	本章小结	402
10.7	习题	403
第 11 章	微处理器片内其他模块	405
11.1	MMC/SD/SDIO 主控制器	406
11.1.1	MMC/SD/SDIO 卡概述	406
11.1.2	S3C2410A MMC/SD/SDIO 主控制器概述	410
11.1.3	S3C2410A MMC/SD/SDIO 主控制器组成	411
11.1.4	MMC/SD 总线协议	412
11.1.5	S3C2410A MMC/SD 卡初始化及数据传输	416
11.2	LCD 控制器	417
11.2.1	液晶显示基础知识	417
11.2.2	S3C2410A LCD 控制器概述	422
11.2.3	S3C2410A LCD 控制器特点	422
11.2.4	S3C2410A LCD 控制器外部接口信号	423
11.2.5	S3C2410A LCD 控制器组成	423
11.3	USB 主控制器及设备控制器	424
11.3.1	USB 基础	424
11.3.2	USB 通信协议概述	434
11.3.3	USB 总线枚举过程举例	439
11.3.4	S3C2410A USB 主控制器	440
11.3.5	S3C2410A USB 设备控制器	440
11.4	CAMERA 接口	443
11.4.1	彩色电视制式及电视系统中传输的信号	443
11.4.2	ITU-R BT. 601 建议简介	445
11.4.3	ITU-R BT. 656 建议简介	448
11.4.4	OV9650 彩色 CAMERACHIP 芯片简述	450
11.4.5	S3C2440A CAMERA 接口	453

11.4.6	CAMERA 接口与 OV9650 CAMERACHIP 连接举例	455
11.5	AC97 控制器	456
11.5.1	AC97 简介	456
11.5.2	AC97 规范简介	457
11.5.3	AC97 Codec 芯片 UCB1400 简介	464
11.5.4	S3C2440A AC97 控制器	465
11.5.5	AC97 控制器与 AC97 Codec 连接举例	468
11.6	本章小结	468
11.7	习题	469
附录 A	S3C2440A 引脚编号与对应的引脚信号名	471
附录 B	S3C2440A 引脚信号名与对应功能描述汇总表	474
附录 C	英汉名词术语对照汇总表	480
参考文献		488

嵌入式系统组成简介

本章主要内容如下：

- (1) 嵌入式系统定义、发展历程、应用举例、主要特点；
- (2) 嵌入式系统硬件组成及软件组成举例；
- (3) 嵌入式微处理器分类、主流嵌入式微处理器简介；
- (4) 嵌入式操作系统主要特点、主流嵌入式操作系统简介；
- (5) ARM 系列处理器核的命名规则与性能、ARM 指令集结构版本和变异。

1.1 嵌入式系统定义、发展历程、应用举例、主要特点

1.1.1 嵌入式系统定义

不严格地说，除了大型计算机、服务器、台式计算机、笔记本电脑等通用的计算机之外，其他各种含有微处理器和可运行程序的专用计算机设备都可以称为嵌入式系统。

嵌入式系统目前被国内计算机界普遍认同的定义是：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、功耗有严格要求的专用计算机系统。

1.1.2 嵌入式系统发展历程

嵌入式系统发展历程与微处理器发展历程、操作系统发展历程密切相关。

1971 年出现的 4 位集成电路微处理器 Intel 4004，当时是为了嵌入到计算器而设计的。通常可以将 Intel 4004 微处理器的出现看作嵌入式系统发展的初始阶段。

20 世纪 70 年代之后，大规模和超大规模集成电路技术迅速发展，单片微处理器面积不断缩小，主频一再提高，处理器的位数从 8 位、16 位、32 位发展到 64 位，微处理器内部功能不断增强并且集成了更多的功能模块。这些技术极大地提高了微处理器计算能力、处理能力和实时控制能力，促进了嵌入式系统迅速发展。

可以将微处理器分为通用微处理器和专门用于嵌入式系统的专用微处理器。



典型的通用微处理器如 Intel 公司的 8080(8 位,1974 年)、8086(16 位,1978 年)、8088(准 16 位,1979 年)、80386(32 位,1986 年)、80486(32 位,1989 年)以及奔腾系列(32 位,1993 年)、Merced(64 位,2000 年)等,虽然它们主要用来生产通用的微型机,但是也可以与一些配套芯片及外设设计成一个专用计算机系统,作为嵌入式系统使用,例如用于监控系统的单板机、工控机。

嵌入式系统专用微处理器可以分为单片机、嵌入式微处理器、数字信号处理器和片上系统,这些微处理器是专门为嵌入式应用而设计的。其中,单片机典型产品有 Intel 公司的 MCS-48(8 位,1976 年)、MCS-51(8 位,1980 年)、MCS-96(16 位,1982 年)等。其他专用微处理器将在 1.3 节中介绍。

嵌入式系统发展历程中,专用微处理器芯片在嵌入式应用中的使用数量远多于通用微处理器芯片的使用数量。

嵌入式系统发展历程中,出现过无操作系统的嵌入式系统,如 8 位单片机直接使用汇编语言或 C 语言编程;使用小型操作系统的嵌入式系统,如使用 μ C/OS-II 的系统;使用大型操作系统的嵌入式系统,如使用 VxWorks、Windows CE 或 Linux 的系统。使用或不使用操作系统、使用小型或大型操作系统,往往取决于具体嵌入式产品功能的复杂程度。

1.1.3 嵌入式系统应用举例

嵌入式系统的应用非常广泛,以下一些设备或产品中就含有嵌入式系统:

- 家庭中使用的高档冰箱、水表电表煤气表读卡器、全自动洗衣机、空调机、微波炉、电饭煲、数字电视、机顶盒(Set_Top Box,STB)、DVD、超级 VCD、含有微处理器的钟表和电风扇、视频游戏设备、屏幕电话(Screen Phone)、上网终端(Web Terminal)、数字音响、数字门锁、智能防盗系统等。
- 办公室中的传真机、复印机、打印机、扫描仪、数字化仪、绘图机等。
- 手持设备 MP3、GPS 手持机、智能手机(Smart Phone)、数码照相机、数码摄像机、数码伴侣、个人数字助理(Personal Digital Assistant,PDA)等。
- 安全及金融领域中用到的身份证件识别、指纹识别、人脸识别、声音识别等设备。
- 通信和网络中使用的设备,如刀片服务器、交换机、路由器、无线通信基站、2.5G/3G/4G 移动电话、宽带调制解调器、移动游戏设备、下一代高性能手持式因特网设备等。
- 医用电子设备,如 B 超设备、CT 机、尿样血样自动分析仪、心电图仪、脑电图仪、电子血压计等。
- 汽车电子产品中的:
 - 时速、发动机转速和油量的信号采集与数字显示设备;
 - 行驶状态和故障记录的数字设备;
 - 电子地图、导航、车载 GPS、无线上网设备;
 - 刹车和安全气囊自动控制设备;
 - 汽车黑匣子、车载 MP3、车载 DVD、车载数字电视;