



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等院校信息技术规划教材

嵌入式系统设计原理 及应用(第2版)

符意德 等 编著



清华大学出版社

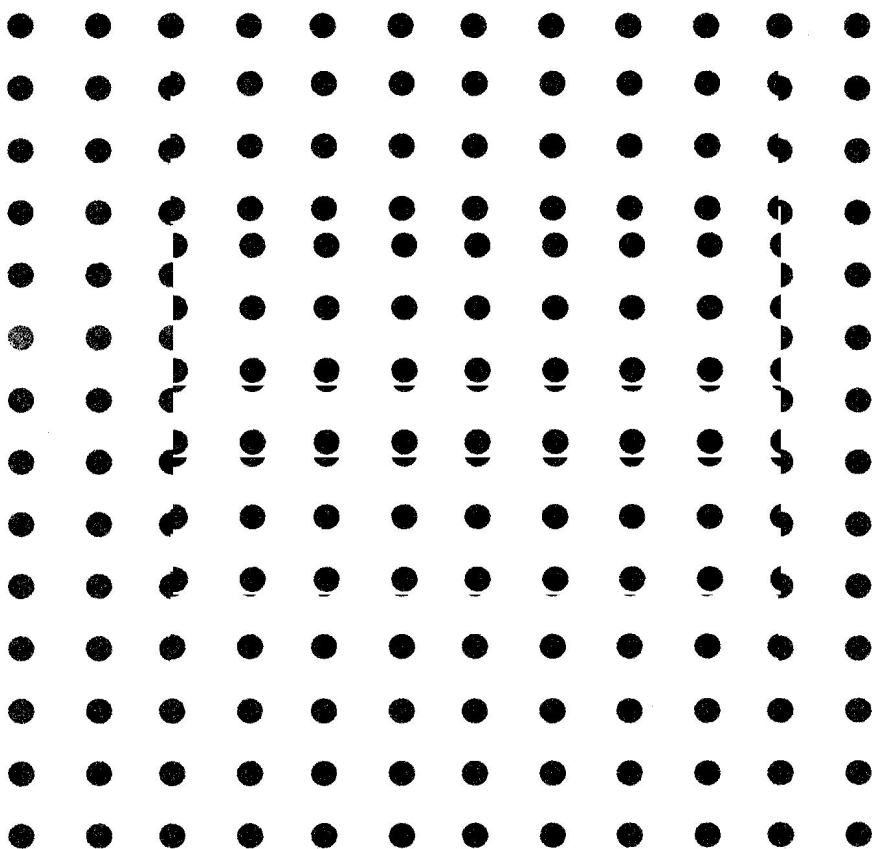


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等院校信息技术规划教材

嵌入式系统设计原理及应用 (第2版)

符意德 等 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书从嵌入式系统设计及平台构建角度,全面地介绍嵌入式系统的软硬件平台设计方法。书中以基于 ARM9 微处理器核的 S3C2410 芯片为背景,首先介绍嵌入式系统硬件平台设计技术即接口技术,然后介绍软件平台的构建方法以及网络接口的设计方法,最后从方法学角度介绍复杂嵌入式系统的设计方法。书中讲述具体的嵌入式微处理器的目的是使其原理概念具体化,从而避免抽象、深奥。本书从具体的案例中归纳出了具有普遍指导意义的嵌入式系统设计原理和方法,所讨论的原理及概念并不仅仅对 S3C2410 微处理器有用,而且适用于多种不同的微处理器。

本书内容丰富,图文并茂,讲解深入浅出,适合作为计算机科学与技术、电子工程、通信工程等专业的低年级本科生或硕士研究生相关课程的教材。

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

嵌入式系统设计原理及应用/符意德等编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2010.6
(高等院校信息技术规划教材)

ISBN 978-7-302-22223-1

I. ①嵌… II. ①符… III. ①微型计算机—系统设计—高等学校—教材
IV. ①TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 042814 号

责任编辑:袁勤勇 王冰飞

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

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

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:19.25

字 数:439千字

版 次:2010年6月第2版

印 次:2010年6月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:28.00元

产品编号:033105-01

前言

foreword

嵌入式系统已广泛应用到信息家电、移动通信设备、医疗仪器和汽车电子等众多领域,作为一种新的计算平台,越来越受到人们的重视。传统的嵌入式系统起源于20世纪70年代初,至今已有很长时间了。随着时代的进步、技术的发展,人们对嵌入式系统的功能要求越来越高,传统的嵌入式系统程序设计方法已不能满足快速、高效地设计复杂嵌入式系统的要求。因此,开设嵌入式系统原理及设计方法的相关课程,培养计算机科学与技术、通信工程、电子工程等相关专业的本科生及研究生,使其能全面地了解并熟练掌握复杂嵌入式系统的设计方法是十分必要的。基于32位嵌入式微处理器的系统,其硬件构件较复杂,用户应用软件的复杂度也成倍增长。因此,要完整地学习嵌入式系统的设计知识,需要学习多门课程。

嵌入式系统涉及的知识点非常多,因此对于初学者来说,如何结合自己的目标,找准学习嵌入式系统设计知识的切入点是非常必要的。狭义地说,学习嵌入式系统设计知识可以从两个不同的层面切入:第一层面,针对将来只是应用嵌入式系统硬件、软件平台进行二次开发的学生而言,应侧重学习基于某个嵌入式系统平台(包括硬件平台和软件平台)进行应用系统设计和开发的能力,即主要是学习在某个嵌入式操作系统(如嵌入式Linux)环境下应用程序的编写、调试,学习其API函数的使用,学习I/O接口部件的驱动程序编写等;第二层面,针对将来从事嵌入式系统平台设计,或者需要结合应用环境设计专用硬件平台的学生而言,需重点学习嵌入式系统体系结构及接口设计原理,即主要学习某个具有代表性的嵌入式CPU(如ARM系列)内部寄存器结构、汇编指令系统、中断(异常)管理机制及常用的外围接口,同时要学习无操作系统下的编程技术。进一步还需要学习启动程序的编写和操作系统移植等方面的知识。

本书重点介绍嵌入式系统的硬件平台组成及软件平台的构建方法。书中没有局限于某个具体的嵌入式微处理器,而是用了大量



篇幅来介绍其原理。但在介绍原理的同时,又列举了许多基于 S3C2410 芯片的设计实例,从而使原理、概念具体化。

本书由符意德主编,第1章由王丽芳编写,第5章由张蓉编写,第7章由颜炳德编写,第8章由史兆印编写。在本书的编写过程中,参考了许多专家学者的成果,在此向他们表示感谢。

嵌入式系统目前正处于一个快速发展的阶段,新的技术和应用成果不断涌现,限于编者的水平,书中如有疏漏和错误之处,希望广大读者批评、指出。

编 者

2010年1月 于紫金山麓

目录

Contents

第 1 章 绪论	1
1.1 什么叫嵌入式系统	1
1.2 嵌入式系统的特点	2
1.2.1 嵌入式系统的要求	2
1.2.2 嵌入式系统的核心	3
1.2.3 嵌入式系统设计所面临的问题	4
1.3 嵌入式系统的设计过程	5
1.3.1 需求分析与规格说明	5
1.3.2 体系结构设计	7
1.3.3 构件设计	8
1.3.4 系统集成	8
第 2 章 嵌入式微处理器体系结构	9
2.1 ARM9 简介	9
2.1.1 ARM9 的结构特点	9
2.1.2 ARM9 指令集特点	10
2.1.3 ARM9 的工作模式	12
2.2 ARM9 的存储组织结构	13
2.2.1 大端存储和小端存储	13
2.2.2 I/O 接口的访问方式	15
2.2.3 内部寄存器	15
2.3 ARM9 的异常	18
2.3.1 类型及向量地址	19
2.3.2 优先级	20
2.3.3 进入异常和退出异常	21
2.4 ARM9 汇编指令	22
2.4.1 寻址方式	24



2.4.2	寄存器装载及存储指令	27
2.4.3	算术和逻辑指令	29
2.4.4	比较指令	33
2.4.5	分支指令	34
2.4.6	软件中断指令	35
第3章	嵌入式系统的存储系统	36
3.1	存储器组织及接口方式	36
3.1.1	随机存储器组织	37
3.1.2	只读存储器组织	38
3.2	存储器接口设计	40
3.2.1	SRAM 的接口设计	40
3.2.2	DRAM 的接口设计	42
3.2.3	NAND Flash 的接口设计	42
3.3	高速缓存机制	45
3.3.1	高速缓存机制原理	45
3.3.2	数据替换策略	47
3.3.3	数据一致性	49
3.3.4	高速缓存性能分析	49
3.4	虚拟存储机制	51
3.4.1	虚拟内存技术原理	51
3.4.2	一个具体实例	52
第4章	嵌入式系统的接口设计	58
4.1	接口控制方式	58
4.1.1	程序查询方式	59
4.1.2	中断方式	60
4.1.3	I/O 接口的寻址	62
4.2	通用并行 I/O 接口	63
4.2.1	GPIO 的一般性原理	63
4.2.2	一个具体的 GPIO	65
4.2.3	GPIO 设计实例	68
4.3	定时/计数器部件	70
4.3.1	定时/计数器的原理	70
4.3.2	一个具体的定时器	71
4.3.3	定时器的设计实例	75
4.3.4	看门狗电路	76

4.4	人机接口	77
4.4.1	键盘接口设计	77
4.4.2	LED 显示器接口设计	79
4.4.3	LCD 显示器接口设计	82
第 5 章	嵌入式系统软件平台	87
5.1	嵌入式系统软件概述	88
5.1.1	嵌入式软件平台的发展	88
5.1.2	嵌入式软件开发特点	89
5.1.3	嵌入式 Linux	91
5.2	嵌入式操作系统移植	96
5.2.1	启动引导程序的移植	96
5.2.2	Linux 内核移植	98
5.3	文件系统移植	100
5.3.1	Linux 文件系统结构及类型	100
5.3.2	Linux 文件系统的原理	102
5.3.3	Linux 文件系统的创建	104
5.4	设备驱动	106
5.4.1	设备管理机制	106
5.4.2	设备驱动原理	108
5.4.3	驱动程序开发实例	110
5.5	其他嵌入式操作系统	111
5.5.1	μ C/OS-II	111
5.5.2	VxWorks	119
第 6 章	嵌入式网络技术	140
6.1	分布式嵌入式系统结构	140
6.1.1	网络结构	141
6.1.2	通信方式	142
6.2	常规嵌入式系统网络	143
6.2.1	异步串行通信网络	143
6.2.2	I ² C 总线	160
6.2.3	CAN 总线	164
6.3	USB 网络	166
6.3.1	USB 的概念及特点	166
6.3.2	USB 总线体系结构	167
6.3.3	USB 主机	171



6.3.4	USB 设备	176
6.3.5	实例——S3C2410 的 USB 接口部件	182
6.4	嵌入式 TCP/IP 网络	194
6.4.1	嵌入式 TCP/IP 协议实现的特点	195
6.4.2	以太网及 TCP/IP 协议	196
6.4.3	嵌入式 TCP/IP 实现	199
6.5	基于网络设计的性能分析	208
6.5.1	通信分析	208
6.5.2	系统性能分析	211
6.5.3	网络分配和调度	212
第 7 章	嵌入式系统设计和分析	214
7.1	系统设计的形式化方法	214
7.1.1	统一建模语言	214
7.1.2	结构描述	220
7.1.3	行为描述	221
7.2	嵌入式系统设计范型	221
7.2.1	状态机设计范型	221
7.2.2	循环队列设计范型	222
7.3	编程模型	223
7.3.1	数据流图	223
7.3.2	控制/数据流图	224
7.4	程序执行时间的分析与优化	224
7.4.1	执行时间的描述	225
7.4.2	性能分析	226
7.4.3	优化执行速度	230
7.5	能量和功率的分析与优化	231
7.5.1	程序功耗分析	231
7.5.2	功耗优化	233
7.6	程序长度的分析与优化	234
7.6.1	数据的影响	234
7.6.2	代码的影响	234
第 8 章	系统设计实例	236
8.1	实例一：数字式时钟	236
8.1.1	系统需求	236
8.1.2	规格说明	237

8.1.3	系统体系结构	240
8.1.4	构件设计与测试	241
8.2	实例二：医用心电仪	241
8.2.1	系统需求	241
8.2.2	需求分析	243
8.2.3	静态结构模型	247
8.2.4	动态行为模型	254
8.2.5	物理模型	264
8.2.6	小结	264
8.3	实例三：嵌入式 Web 服务器	265
8.3.1	嵌入式 Web 服务器结构	265
8.3.2	嵌入式 Web 服务器的设计	268
8.3.3	基于嵌入式 Web 的应用结构	270
8.3.4	基于嵌入式 Web 的应用程序设计	277
8.3.5	小结	288
附录 A	UML 元素、关系、符号	289
参考文献	293

绪 论

1.1 什么叫嵌入式系统

“嵌入式系统”这个名词在微处理器出现之初就已经出现,那时候,嵌入式系统指的是嵌入在其他设备中以微处理器为核心的专用计算机。随着技术的发展,嵌入式系统的内涵也在发生着变化,传统的定义已不适合概括目前的嵌入式系统。现在对嵌入式系统还没有一个大家公认的定义,比较流行的定义是嵌入式系统是以应用为中心,软硬件可裁剪,软件固化的专用计算机。但这个定义也有局限性,因为像智能手机这样的嵌入式产品,其不再是一个专用的设备,而是一种计算平台。

因此,要说清楚什么是嵌入式系统,应该从计算机及计算模式的发展历程来看。表 1-1 描述了计算机及计算模式的几个发展阶段,从表中可以看到,嵌入式系统是计算机发展阶段的一个名称。由于现阶段存在着大量与设备及应用融为一体的嵌入式系统,从而引起了普适计算模式的发展。

表 1-1 计算机及计算模式的发展阶段

计算模式的发展阶段	计算机的发展阶段
主机计算模式	大型计算机
	中型计算机
	小型计算机、工作站
个人计算模式	台式计算机
	笔记本电脑
分布式计算模式	计算机+网络
普适计算模式	嵌入式系统+移动通信

嵌入式系统的应用是非常广泛的,其已应用到工业控制系统、信息家电、通信设备、医疗仪器和军事设备等众多领域中。尤其是最近几年,嵌入式系统不断进入到新的应用领域,如 PDA(便携式数据终端)、手持设备、智能家庭设备和智能电话等。

显而易见,嵌入式系统设计及开发技术是一种十分实用的技术,它广泛应用于多种

类型的产品设计中。针对如此巨大的市场,围绕嵌入式系统展开研究和开发也就成了计算机技术领域发展最活跃的方向之一。虽然微处理器的出现已有很长时间了,传统的嵌入式系统设计起源于20世纪70年代初,但是嵌入式系统对信息技术(IT)产业产生强有力的影响还只是近几年的事。随着技术的发展,对嵌入式系统的设计要求也越来越复杂,传统的手工设计方法已不能满足快速、高效地设计复杂嵌入式系统的要求。

在嵌入式系统的早期阶段,所有基本硬件构件相对较小也较简单,如8位的CPU、74系列的芯片及晶体管等,其软件子系统是采用一体化的监控程序,不存在操作系统平台。而今天组成嵌入式系统的基本硬件构件已较复杂,如16位CPU和32位CPU或特殊功能的微处理器、特定功能的集成芯片、FPGA或CPLD等,其软件设计的复杂性成倍增长。因此,研究嵌入式系统的设计原理及技术,提供系统的设计方法和开发工具是嵌入式计算学科的关键技术。

本书中将只关心嵌入式系统本身。虽然嵌入式系统设计时所遇到的问题并不都是计算机技术方面的问题,还有机械或模拟电信号方面的问题,但本书将专注于嵌入式系统硬件和软件设计问题。

1.2 嵌入式系统的特点

嵌入式系统设计中所面临的问题有许多是计算机系统设计中面临的共性问题。但由于嵌入式系统并不是独立的,它与所嵌入的设备及其应用目标紧密关联,因此与通用台式计算机比较而言,它的设计还是具有许多特殊性。

1.2.1 嵌入式系统的要求

嵌入式计算技术所面临的挑战源于基础技术的迅猛发展及用户需求的不断提高。在设计中,系统的功能性对于通用台式计算机系统和嵌入式系统来说都是非常重要的,但是与通用台式计算机系统的设计相比较,嵌入式系统的设计有其许多特殊的要求,主要体现在以下几方面:

(1) 实时性。许多嵌入式系统需要工作在实时方式下。如果数据或控制信息在某段时限内不能到达,系统将会引起错误。在某些嵌入式系统中,实时性能得不到满足是不能接受的,超过时限会引发危险甚至对生命造成伤害,如高速列车控制器,控制信息超时会引起列车运行故障,甚至翻车。而在另一些嵌入式系统中,超过时限虽然不会引发危险,但也会引发一些不愉快的结果,如打印机在打印时,控制信息的响应时间若超时,就会使打印机发生混乱。

(2) 多速率。许多嵌入式系统不仅有实时性要求,而且还需同时运行多个实时性任务,系统必须同时控制这些动作,虽然这些动作有些速度慢,有些速度快。多媒体应用系统就是多速率行为的典型例子,多媒体数据流的音频和视频部分以不同的速率播放,但是它们必须保持同步。如果音频数据或视频数据不能在有限时间内准备好,就会影响整体效果。

(3) 功耗。在通用台式计算机系统中,功耗已不是一个主要的考虑因素,但在嵌入式系统中,尤其是在用电池供电的嵌入式系统中,这是一个主要的考虑因素。大耗电量直接影响到硬件费用,并影响电源寿命以及带来散热问题。

(4) 低成本。多数情况下,嵌入式系统都希望是低成本的。制造成本由许多因素决定,其中包含硬件成本和软件成本。硬件成本主要决定于所使用的微处理器、所需的内存及相应的外围芯片;软件成本通常难于预测,但一个好的设计方法有利于降低软件成本。

(5) 环境相关性。嵌入式系统不是独立的,而是与其被嵌入的设备紧密相关联。因此,嵌入式系统设计时,必须考虑模拟量信号、数字量信号及开关量信号的输入输出;系统抗干扰性;温度、湿度等。

1.2.2 嵌入式系统的核心

嵌入式系统是以微处理器为核心的数字系统。而设计一个数字系统可以用很多种方法,如定制逻辑、现场可编程门阵列(FPGA)等,那么为什么要用微处理器呢?这主要有两种原因:

(1) 用微处理器是实现数字系统的一种十分便捷、有效的方法;

(2) 微处理器使设计不同价位、不同特性的产品系列变得容易,并容易扩充新功能以满足飞速变化的市场需求。

在数字电路设计方面,人们一般认为微处理器取指令、译码以及执行指令的开销很大,因此,某些功能使用微处理器执行应用程序的方式来实现比用定制的逻辑电路实现要慢。但实际上可能并不是这样,有两种因素的作用使得基于微处理器的设计方案的速度更快。首先,许多微处理器能非常高效地执行程序,现代 RISC(精简指令集计算技术)处理器在大多数情况下可用每个时钟周期执行一条指令,虽然取指令、解释指令必须有开销,但可以通过 CPU 内部并行、流水处理使这些开销不大。第二,微处理器制造商采用最先进的生产技术和工艺,并投入了相当大的财力和人力来优化微处理器电路,以使他们设计的微处理器具有高性能,能高速运行,同时通过大批量生产以降低成本。那些想自己设计定制逻辑电路的用户,首先必须掌握新的超大规模集成电路技术,然后才能定制逻辑电路。而嵌入式系统设计团队往往是小规模的,甚至是一个人,他们对超大规模集成电路新技术的了解及电路的优化能力比微处理器制造商相差甚远,因而建立在过时技术上的定制逻辑电路就不可能存在什么性能优势。

另外,人们通常还认为微处理器的通用性以及需要独立的存储器会使得基于微处理器设计的嵌入式系统体积比基于定制逻辑电路设计的大得多。然而,在许多情况下就所使用的逻辑门电路单元而言,微处理器的尺寸是比较小的。一个设计好的定制逻辑电路不能用于执行其他的功能,但微处理器确不是这样,只需要更换微处理器执行的程序就能让它完成不同的功能。由于现代的嵌入式系统需要复杂的算法和用户界面,因此如果是使用定制逻辑电路,就需要设计多个执行不同任务的逻辑电路,因而系统的尺寸会变大。

因此,可以说数字系统中不使用微处理器是没有多少优势的,微处理器的优点使它在许多数字系统领域内成为首选。微处理器的可编程能力在嵌入式系统开发过程中是最宝贵的,它使程序设计可以与硬件系统的设计分开进行,当一组人员在设计包含微处理器、存储器和输入输出设备等的电路板时,另一组人员可以同时编写程序。同样重要的是,可编程能力使厂商可以很容易地使自己的产品系列化,在许多情况下,高端产品设计可以在不改变原来硬件的情况下,仅仅通过升级软件来实现,这样可以降低生产成本。即使当硬件必须重新设计时,原有的一些软件也可重用,从而大大节约了时间和开销。

1.2.3 嵌入式系统设计所面临的问题

外部约束是嵌入式系统设计遇到困难的一个重要来源。下面列出了嵌入式系统设计过程中所面临的一些主要问题:

(1) 需要多少硬件。在设计嵌入式系统时不仅需要考虑选择何种 CPU,同样需要考虑存储器容量、I/O 设备及其他外围电路。在满足系统性能要求的前提下,满足系统经济性要求。即系统硬件太少,将不能达到性能要求;系统硬件太多,又会使产品变得过于昂贵,并降低了可靠性。

(2) 如何满足实时性。用提高 CPU 速度的方法使程序运行的速度加快从而解决实时性问题的方法是不可取的,因为这会使系统的价格上升;同时,仅仅提高 CPU 的时钟频率有时并不能提高程序执行速度,因为程序执行速度还会受存储器速度的限制。因此,应精确设计程序以满足实时性要求。

(3) 如何减少系统的功耗。对于电池供电的嵌入式系统而言,功耗是一个十分重要的问题。对于非电池供电的嵌入式系统而言,高功耗会带来高散热量。降低嵌入式系统功耗的一种方法就是降低它的运算速度。但是单纯地降低运算速度会导致实时性能不能满足,应认真设计,以便通过降低系统非关键部分的速度来降低系统功耗,而同时又能满足系统的实时性能。

(4) 如何保证系统可升级。系统的硬件平台可能使用几代,或者使用在同一代的不同级别的产品中,而这些仅仅只应做一些简单的改变。因此,希望通过修改软件来改变系统的功能。如何才能设计一种硬件平台,使它能够提供未来程序需要的功能呢?

(5) 系统调试复杂。调试嵌入式系统比调试通用台式计算机上的程序困难得多。通常需要运行整台设备以产生测试数据,而数据产生的时间往往也是非常重要的。也就是说,不能离开嵌入式系统运行的整个环境来测试嵌入式系统。另外,嵌入式系统有时没有配备键盘和显示器,这导致不能了解系统的运行情况,也不能影响系统的运行,从而导致测试嵌入式系统的困难。

(6) 开发环境受限。嵌入式系统的开发环境(用于开发硬件、软件的工具)比通用台式计算机或工作站上可用的环境要少。通常在台式计算机上将程序代码编译好,而后再

将编译好的机器码下载到嵌入式系统中。为了调试这些代码,通常必须依靠运行在台式计算机上的程序来观察嵌入式系统的运行情况。

1.3 嵌入式系统的设计过程

一个好的设计方法是十分重要的,原因有三点:第一,它使人们对所做的工作进度有清楚的了解,可以确保不遗漏其中的工作;第二,可以使整个开发过程分阶段进行,从而做到有条不紊地进行开发工作;第三,可以方便设计团队中的成员相互交流、相互配合以完成系统的设计目标。

图 1-1 给出了嵌入式系统设计的主要步骤。从自顶向下的角度来看,系统设计的第一步是从系统需求分析开始;第二步是规格说明,在这一步对需要设计的系统功能进行更细致地描述,这些描述并不涉及系统的组成;第三步是体系结构设计,在这一阶段以大的构件为单位设计系统内部详细构造,明确软、硬件功能的划分;第四步是构件设计,它包括系统程序模块设计、专用硬件芯片选择及硬件电路设计;第五步是系统集成,在完成了所有构件设计的基础上进行系统集成,构造出所需的完整系统。

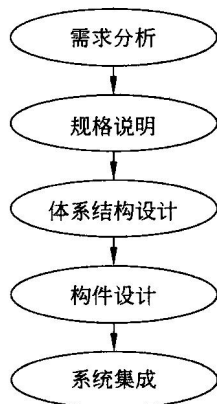


图 1-1 嵌入式系统设计过程的主要步骤

1.3.1 需求分析与规格说明

在设计之前,必须清楚要设计什么。在设计的最初阶段,应从客户那里收集系统功能的非形式描述,在此称其为需求;对需求进行提炼,以得到系统的规格说明,规格说明中应包含进行系统体系结构设计所需的足够信息。

在此把需求和规格说明区分开是必要的,因为嵌入式系统的用户不是专业人员,他们对系统的描述是建立在他们想象的、系统应具备的功能基础上,对系统可能有些不切实际的期望,表达要求时使用自己的话而不是专业术语。因而,必须将用户的描述转化为系统设计者的描述,从用户的需求中整理形成正式的规格说明。

用户需求通常包括功能部分和非功能部分。非功能部分需求主要是指性能、价格、尺寸、重量和功耗等。表 1-2 是一个在系统设计初始阶段使用的需求说明表格样本,该表格能简练、清晰地描述系统的基本需求。

(1) 名称。给该项工程取一个名称是十分有用的,它可以使设计者和用户之间、设计者和设计者之间讨论这个项目时更方便,也可以使设计的目的更加明确。

(2) 目的。这一项用一到两行的语言对系统需要满足的基本需求进行描述。如果不能一两句话来描述所设计的系统主要特性的话,说明你还不是十分了解它。

表 1-2 需求说明表格样本

项 目	说 明
名称	
目的	
输入	
输出	
功能	
性能	
生产成本	
功耗	
尺寸和重量	

(3) 输入和输出。这两项内容较复杂,对系统的输入和输出进行描述,其细节应包括:

- 数据类型。输入输出信号是模拟量信号、数字量信号还是开关量信号?
- 数据特性。数据是周期性到达的数据,还是随机到达的数据? 每个数据多少位?
- I/O 设备类型。什么类型的输入设备? 什么类型的输出设备?

(4) 功能。这一项是对系统所做工作的更详细描述。通常从系统的输入到系统的输出来进行描述:当系统接收到输入时,它执行哪些动作? 用户通过界面输入的数据如何对系统产生影响? 不同功能之间如何相互作用? 等等。

(5) 性能。主要指系统的处理速度及系统所处的运行环境。对性能的要求必须尽早明确,以便设计时随时检查系统是否达到性能要求。

(6) 生产成本。主要指硬件构件的花费。如果不能确定将要花费在硬件构件上的确切费用,那么起码应对最终产品的价格有一个粗略地了解,因为价格最终会影响系统的体系结构。

(7) 功耗。对系统的功耗必须有一个粗略地了解,决定系统是靠电池供电还是通过墙上的插座供电是系统设计过程中的一个重大决定。靠电池供电的系统必须认真地对功耗问题进行考虑。

(8) 尺寸和重量。对系统的物理尺寸和重量的了解有助于系统体系结构的设计。某些嵌入式系统对尺寸和重量的要求是非常严格的。

下面以 GPS 移动地图为例来说明系统需求表的获得。

GPS 移动地图是一种手持设备,该设备为用户(如汽车驾驶员)显示他当前所处位置周围的地图,显示的地图内容应随用户以及该设备所处位置的改变而改变。该设备从 GPS 上得到其位置信息,移动地图的显示看起来应类似纸张上的地图。针对用户的初步要求,编写出表 1-3 所示的系统需求表。

表 1-3 GPS 移动地图需求表

项 目	说 明
名称	GPS 移动地图
目的	为司机等用户提供图形的移动地图
输入	一个电源开关、两个操作按钮、GPS 信号输入
输出	LCD 显示器,分辨率为 400×600
功能	可接 5 种 GPS 接收器;三种用户可选的地图比例;总是显示当前经纬度
性能	0.25s 内即可更新一次屏幕,在常温下工作
生产成本	1500 元(人民币)
功耗	4 节电池供电应连续工作 8 小时,功耗约 100mW
尺寸和重量	尺寸不大于 20cm×30cm,重量不大于 0.25kg

规格说明应更精确地反映用户的需求,它是设计者在设计时必须明确遵循的要求。规格说明应小心编写,描述应足够清晰,不能有歧义,以便别人可以通过它来验证设计是否达到要求。规格说明中通常只描述系统应做什么,而不描述系统该怎么做。

描述规格说明的工具可采用统一建模语言(UML)。UML 是一种面向对象的建模语言,它是软件工程课程中详细讲解的内容,本书附录 A 中简要地介绍了它的概念和图形工具。

1.3.2 体系结构设计

系统体系结构的目的是描述系统如何实现系统的功能,它是系统整体结构的一个计划。下面以一个具体实例的系统体系结构设计来理解体系结构如何描述。

图 1-2 以框图的形式描述了移动地图的体系结构,图中展示了移动地图的主要操作和其间的数据流。框图仍很抽象,还没有规定软件完成什么,专用硬件完成什么,等等。但该图还是清楚地描述了许多功能,如搜索地形图数据库、显示地图和接收 GPS 信号等。

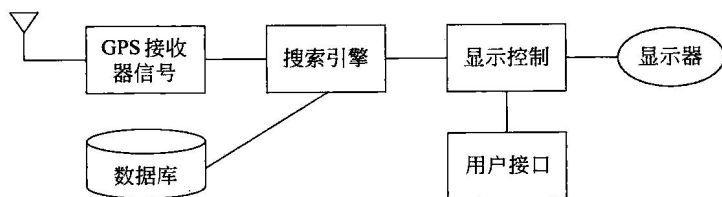


图 1-2 移动地图的体系结构框图

只有在设计了一个并未涉及太多具体实现细节的初始体系结构后,才可能把系统框图再分成两部分框图:针对硬件的和针对软件的。将图 1-2 细分成硬件和软件两部分后的系统体系结构,如图 1-3 所示。