

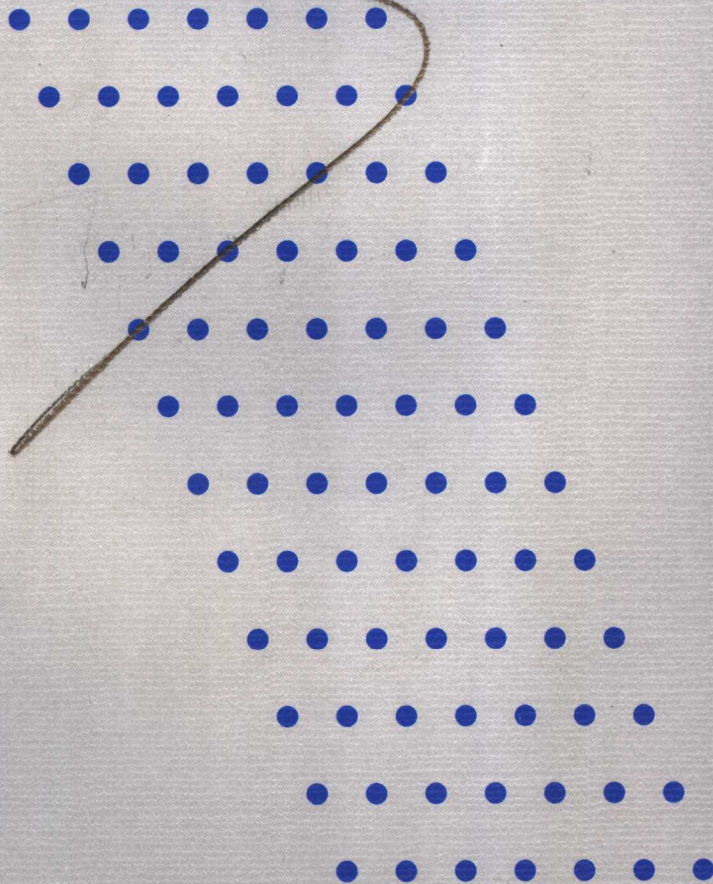
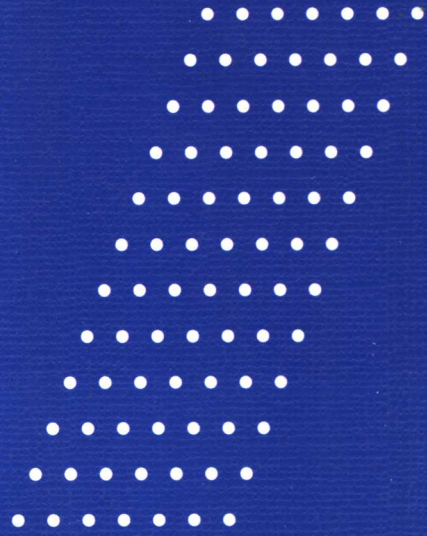
高等学校嵌入式技术与应用系列教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

王宜怀 刘晓升 编著

# 嵌入式技术 基础与实践



清华大学出版社



## 内 容 简 介

全书共 17 章,分 3 个部分。第 1 部分共 6 章,为嵌入式入门导引。主要介绍嵌入式应用的硬件与软件基础,同时给出了 Freescale HC08/S08/RS08 系列单片机的基本入门知识,包括基本结构、汇编语言及 08C 语言基础,提供了第一个汇编工程与第一个 C 语言工程实例,给出了开发环境与基本调试方法的介绍。第 2 部分共 8 章,为嵌入式系统的基础应用。包括串行通信接口(SCI)、键盘、LED 与 LCD、SPI、A/D、D/A、IIC、定时器、Flash 存储器在线编程及其他功能模块,该部分为本书的重点内容。第 3 部分共 3 章,为应用实例,包括实际应用系统设计实例、JB8 的 USB 1.1 模块与应用实例、GZ60 的 CAN 模块及应用实例。附录含有苏州大学 Freescale 嵌入式系统实验室提供的硬件评估板资料及本书配套教学资料目录结构。

本书可供高等院校有关专业的高年级和研究生用作教材或参考读物,也可供嵌入式系统开发与研究人员用作参考和进修资料。

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 13501256678 13801310933

### 图书在版编目(CIP)数据

嵌入式技术基础与实践/王宜怀,刘晓升编著. —北京:清华大学出版社,2007. 11  
(高等学校嵌入式技术与应用系列教材)

ISBN 978-7-302-16183-7

I. 嵌… II. ①王… ②刘… III. 微处理器—系统设计—教材 IV. TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 148527 号

责任编辑:魏江江 李 晔

责任校对:时翠兰

责任印制:何 芊

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

[c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印刷者:北京市清华园胶印厂

装订者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:28.75 字 数:692 千字

版 次:2007 年 11 月第 1 版 印 次:2007 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:39.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:023231-01


# 序

我谨代表飞思卡尔(Freescale)半导体公司祝贺纳入普通高等教育“十一五”国家级规划教材的《嵌入式技术基础与实践》一书的出版,并对本书作者和出版社同仁的辛勤劳动表示诚挚的感谢。

作者已经是第三次撰写 08 系列微控制器方面的书,前两次分别是在 2002 年和 2005 年,本书又在程序规范、面向硬件封装等方面下了不少功夫,作者给出的规范汇编子程序和 C 语言子函数具有清晰的入口、出口及功能说明,不仅有利于教学,也可以方便地用于实际的嵌入式系统工程中。本书还加强了 IIC、CAN、USB 等方面的实例内容。

飞思卡尔半导体公司的前身为摩托罗拉(Motorola)半导体产品部,2004 年从摩托罗拉分拆上市。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。飞思卡尔半导体公司是全球最大的半导体公司之一,在微控制器领域长期居于全球市场领先地位,如在 2007 年 6 月推出业内第一的针脚兼容的 8 位与 32 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。飞思卡尔半导体公司秉承摩托罗拉公司一贯重视与学界合作的传统,全力培育本地化的工程人才,通过大学计划开展与国内大学在教学与应用研究方面的合作。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、电子科技大学等 14 所大学建立了示范教学实验室,在 50 多所大学建立了嵌入式处理器(MCU/DSP)开发应用研究中心或实验中心,持续举办了全国性的应用设计大奖赛和“飞思卡尔”杯全国大学生智能车竞赛。各相关学校在嵌入式系统科研和人才培养方面均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。本书的出版是苏州大学飞思卡尔嵌入式系统实验室工作的又一项成果,是苏州大学各位老师多年来从事飞思卡尔微控制器研究、开发与教学培训工作的总结,相信本书的出版将会大大推动这项技术的推广与发展。我期待会有更多的大学加入到飞思卡尔公司的大学计划中来,进一步推进中国嵌入式处理器应用技术的研发与教学工作,以推动嵌入式产业发展和人才培养。

何耀伦



亚太区消费及工控产品市场总监  
飞思卡尔半导体  
2007 年 9 月 4 日

# 前 言

这是一本介绍嵌入式系统软件与硬件设计的入门书。主要面向中小型嵌入式应用系统,定位为讲述嵌入式应用技术基础知识,目的是引导读者进入嵌入式软件与硬件设计的大门。本书是在清华大学出版社2005年7月版《嵌入式应用技术基础教程》的基础上,根据读者反馈建议,结合近年来的开发实践与教学体会,经过进一步充实提高写成。

## 嵌入式系统的入门方法

嵌入式系统概念已经比较普及,其应用前景也得到了普遍认可,许多人希望学习嵌入式系统却不知道从哪里入门。有些人参加过几次嵌入式系统类培训班,或者看了几本嵌入式系统方面的书籍,也还是不会开发一个甚至是很小的嵌入式产品。于是提出这样的问题:嵌入式系统涵盖哪些内容?如何能够在短时间内且规范地完成嵌入式系统的入门学习?

先不急于回答这个问题,先讲一个小故事。一个浙江小伙子于1996年到迪拜做生意,迪拜的官方语言是阿拉伯语,但英语与乌尔都语等也被广泛使用。这个浙江小伙子不懂这几门语言,但3年时间过后,他就可以熟练地使用阿拉伯语、英语与乌尔都语进行贸易。到2007年他已经在迪拜开了20多家酒店。就语言现象,他是在实际环境中根据需要在实践中学习与应用。我想再说一下我学习嵌入式系统的经历,希望对读者有所启发。1990年我开始接触单片机,那时一种叫Z-80的单片机在我国比较流行,几乎所有的单片机资料就是Z-80。但我没有选择Z-80,而是选择了MCS-51单片机,在接下来的十多年时间里,MCS-51单片机在我国的单片机教学中几乎是一统天下。我是边学,边进行应用实践,1991—1999年,我们用MCS-51完成了近十个应用项目。2000年,我开始使用Motorola的HC08系列单片机进行教学与开发,近年来又使用Freescale公司的HCS08及HCS12系列单片机,也是边学边进行应用实践,2000年至今,我们的团队已经使用HC08、HCS08及HCS12完成了十多个应用项目。通过这个过程,我们体会到,与语言现象类似,嵌入式系统是一个应用实践性极强的研究方向,边学边进行应用实践是极其重要的。不进行应用实践,不可能学好单片机与嵌入式系统。

2001年开始,嵌入式系统一词在我国开始流行,前期的单片机应用系统就是嵌入式系统的一种主要形式。根据时间与理解的不同,嵌入式系统的定义也不同。但从词汇含义上理解,嵌入式系统概念比单片机概念面广,含义也更深刻,但主要基础是单片机。许多高校逐渐把单片机原理课程“发展成”嵌入式系统应用技术课程,有的已经形成系列课程,扩大了其涵盖面。与此同时,随着单片机设计与制造技术的发展,Flash存储器技术的引入对实验与调试手段带来了根本的变化,存储空间的增长为实时操作系统RTOS提供了机会,C/C++编译对软件工程实践提出了要求,8位、16位、32位单片机形成系列丰富了嵌入式系统应用内容。嵌入式系统的教学内容、手段与方法发生了根本改变。

现在来回答前面提出的问题。

第一,嵌入式系统涵盖哪些内容?首先是嵌入式系统的软件和硬件基础。嵌入式系统与硬件紧密相关,没有对硬件的理解就不可能学好嵌入式软件,同样没有对软件的理解也不

可能设计好嵌入式硬件。因此嵌入式系统基础应该包含软件与硬件两个方面。其次是理解与应用实时操作系统并在实时操作系统支撑下进行嵌入式软件的开发。再次是嵌入式测试与嵌入式系统软件工程等内容。另外,部分工程师从片上系统(system on chip, SoC)角度学习嵌入式系统。本书只涉及第一部分内容,即嵌入式系统的软件和硬件基础。

第二,如何能够在短时间内且规范地进行嵌入式系统的入门?嵌入式系统源于计算机在测量与控制系统(简称测控系统)中的应用,因此现代测控系统是典型的嵌入式系统。几乎所有嵌入式系统都可以简化成一个测控系统模型。进行嵌入式系统的入门以测控系统模型为目标对象是合适的,其主要内容有通用输入输出、键盘、液晶显示(LCD)、数码管(LED)、数模与模数转换(A/D与D/A)、串行通信接口(SCI)、串行外设接口(SPI)、集成电路互联总线(IIC或I2C)、定时器、PWM等。还可以包括USB、CAN、嵌入式以太网及各种具体应用等。这是嵌入式系统的软件和硬件基础中的主要内容。至于实时操作系统、嵌入式测试与嵌入式系统软件工程等知识必须在此基础上进行学习。因此,选择合适的入门书、购买必要的硬件材料,进行各个模块或基本要素的规范编程实践,是实现嵌入式系统入门的重要途径。

### Freescle HC08/S08/RS08 单片机的主要特点

学习嵌入式应用一般需要选择一个合适的单片机型号作为入门机型。这是由嵌入式系统本身软件与硬件相结合的特点决定的。Freescle 半导体公司是 Motorola 公司半导体部于 2004 年独立上市的公司。多年来, Motorola 的单片机在国际市场上的占有率位居第一,该公司的单片机种类齐全,应用广泛,具有较强的适应性。该公司从 2000 年前后开始推出新一代 HC08/S08 单片机,目前已经发行了 100 多个品种。正是由于这个原因,选择 Freescle 的 HC08/S08 单片机作为学习嵌入式应用的入门机型,为今后实际应用的扩展留有更大的空间。利用单片机开发嵌入式产品应该从众多的单片机型号中选择一种适合某一项目的具体型号,而不是所有的项目都使用同一个单片机型号进行存储器及外围 I/O 的扩充,那样会降低系统的可靠性。

目前, Freescle 的 08 系列单片机主要有 HC08、HCS08 和 RS08 共 3 种类型。HC08 是 08 系列中最早推出的产品,种类也比较多,针对不同的场合的应用都可以选到合适的型号。HCS08 是 2004 年左右推出的 8 位 MCU,资源丰富,功耗低,性价比很高,是 08 系列单片机的发展趋势。HC08 与 HCS08 的最大区别是调试方法不同及最高频率不同。RS08 是 HCS08 架构的简化版本,于 2006 年左右推出,其内核体积比传统的内核小 30%,带有精简指令集,满足用户对体积更小、更加经济高效的解决方案的需求。RAM 及 Flash 空间大小差异、封装形式不同、温度范围不同、频率不同、I/O 资源差异等形成了不同型号,为嵌入式应用产品的开发提供了丰富的选型。同时 Freescle 出品的 16 位、32 位单片机,也形成比较完备的应用系列,以 Freescle 的 08 系列 MCU 作为嵌入式入门,对后续学习与开发具有良好的连贯性。

### 本书特点

(1) 让读者容易看懂、快速上手实践,符合循序渐进、由浅入深的学习原则。在内容的先后次序与组织形式、知识点安排等方面进行了细致的设计,将实例设计成最能体现基本知识点的形式,帮助读者尽快入门。在内容安排上,把容易掌握的内容提前,部分较难理解的内容先用后学。如果作为教学,课时较少的情况可以把书中带星号(\*)部分内容作为讲座。



(2) 书中及配套的教学资料提供了大量按软件工程规范编写的实例。提供的所有源程序,不仅给出了详细规范的中文注释,而且汇编子程序与 C 语言子函数的设计尽可能满足“面向硬件对象封装”的要求,按照嵌入式软件工程面向“硬件对象”的规范进行定义。这些都为实际应用提供了良好的基础。同时,也可以使读者一开始就得到规范的编程指导。

(3) 体现理论与实践的平衡、通用与具体对象的平衡。在原理阐述方面,主要为应用作基础,立足点在教育。为了体现“通用”,书中把一些基本原理,按照“芯片无关”的方式进行阐述或编程,然后再结合具体芯片进行分析,使读者更好地理解基本原理。

(4) 以应用为主线,按照教学特点展开。在内容阐述上,突出如何应用、如何设计与编程,从应用角度理解基本原理。对于一时难于理解的细节,可以从整体上把握,直接使用书中给出的子程序,通过一些应用后逐步理解,主要目的是掌握嵌入式应用的设计方法。

(5) 所有源程序经过初步调试验证。为了使读者能在较短的时间内掌握嵌入式编程基本方法,对于每个基本模块都提供了编程实例,所有实例均为调试通过后移入书中或教学资料中,避免了因例程的书写或固有错误给初学者带来烦恼。作者在多年的教学与科研实践中深深体会到:对于一款新的 MCU,也许由于作者给出的编程实例未经验证而写入书本,其中的每一点错误都可能会给初学者带来很大的学习障碍。

(6) 结合实际科研开发,增强实用性。书中除了结合基本内容给出实例程序外,还结合实际科研开发,给出了一些实际应用实例,希望使需要进一步提高的读者获得借鉴。

(7) 将技术难点通过直观的方式体现。所有的实例均设计成可观察运行结果的方式,在未介绍串行通信编程之前的章节,运行结果采用指示灯方式;介绍串行通信编程之后,将运行结果通过串行口发向 PC,在 PC 相应的程序界面上显示。

#### 如何寻找本书的软件与硬件

本书配套的开发软件、硬件资料、实例源程序、教学课件、实验指导、芯片资料等可从 <http://www.sumcu.cn>、<http://sumcu.suda.edu.cn> 或 <http://www.tup.tsinghua.edu.cn> 下载,相关的硬件环境信息及咨询方式也可从该网站获得。

#### 作者分工与致谢

本书由王宜怀负责编制提纲和统稿工作,并撰写第 1 章、第 7~13 章,刘晓升撰写第 2~6 章。曹金华撰写第 14、15 章及附录,第 16 章由刘雪兰、曹金华,第 17 章由汤龙梅、曹金华提供初稿。

Freescale 半导体公司一直关心支持苏州大学 Freescale 嵌入式系统实验室的建设,为本书的撰写提出了硬件及软件资料,在此表示诚挚的谢意。苏州大学计算机学院嵌入式应用方向研究生张琴、荐红梅、曹振华、葛强、祝叶、姚建东、屯娜等协助书稿整理及程序调试工作,在此一并致谢。

鉴于作者水平有限,书中难免存在不足和错误之处,恳望读者提出宝贵意见和建议,以便再版时改进。

王宜怀

2007 年 8 月于苏州大学

# 目 录

## 第 1 部分 嵌入式系统入门导引

<b>第 1 章 概述</b> .....	2
1.1 嵌入式系统的含义与发展历史 .....	2
1.1.1 嵌入式系统与单片机.....	2
1.1.2 MCU 的发展简史 .....	4
1.1.3 MCU 在我国的应用与教学概况 .....	5
1.2 嵌入式系统常用术语 .....	6
1.2.1 与硬件相关的术语.....	6
1.2.2 与通信相关的术语.....	8
1.2.3 与功能模块相关的术语.....	8
1.2.4 与嵌入式软件相关的术语.....	9
1.3 嵌入式系统开发方法导引.....	10
1.3.1 嵌入式产品的一般构成 .....	10
1.3.2 嵌入式产品的一般开发方法 .....	11
1.4 嵌入式系统的特点与学习建议.....	13
1.4.1 嵌入式系统的特点 .....	13
1.4.2 嵌入式系统的学习建议 .....	15
练习题 .....	16
<b>第 2 章 Freescale HC08/S08/RS08 MCU 概述</b> .....	17
2.1 08 系列单片机简介 .....	17
2.1.1 Freescale 单片机的命名规则 .....	17
2.1.2 08 系列单片机资源简介 .....	18
2.2 HC08 系列单片机 .....	19
2.2.1 MC908GP32 单片机的性能概述 .....	20
2.2.2 内部结构简图与引脚功能 .....	20
2.2.3 GP32 最小系统 .....	23
2.2.4 GP32 存储器组织 .....	24
2.3 HCS08 系列单片机 .....	25
2.3.1 HCS08 系列 MCU 的基本特征 .....	25
2.3.2 MC9S08GB60 的内部结构简图与引脚功能 .....	25
2.3.3 GB60 存储器组织 .....	28

* 2.4	RS08 系列单片机 .....	29
2.4.1	RS08 系列 MCU 的基本特征 .....	29
2.4.2	MC9RS08KA2 的内部结构简图与引脚功能 .....	29
2.4.3	KA2 存储器组织 .....	31
* 2.5	进一步讨论 .....	32
2.5.1	内存大端、小端排序问题 .....	32
2.5.2	嵌入式系统 MCU 的选择问题 .....	32
	练习题 .....	33
<b>第 3 章</b>	<b>HC08/S08/RS08 CPU</b> .....	<b>34</b>
3.1	HC08 CPU 基本构成 .....	34
3.2	寻址方式 .....	37
3.3	指令系统 .....	40
3.3.1	数据传送类指令 .....	42
3.3.2	算术运算类指令 .....	44
3.3.3	逻辑运算类指令 .....	48
3.3.4	位操作类指令 .....	49
3.3.5	移位类指令 .....	50
3.3.6	程序控制类指令 .....	51
3.3.7	其他指令 .....	54
* 3.4	HCS08 CPU 与 HC08 CPU 的比较 .....	55
* 3.5	RS08 CPU 简介 .....	56
3.5.1	RS08 CPU 和 RAM 的寄存器 .....	56
3.5.2	RS08 分页方案 .....	57
3.5.3	RS08 的寻址方式 .....	57
3.5.4	RS08 的子程序调用 .....	58
3.5.5	RS08 的指令集 .....	59
3.6	08 汇编语言基础 .....	60
3.6.1	08 汇编源程序格式 .....	60
3.6.2	08 伪操作指令 .....	62
	练习题 .....	64
<b>第 4 章</b>	<b>通用 I/O 接口及第一个汇编工程</b> .....	<b>66</b>
4.1	通用 I/O 接口的基本概念及连接方法 .....	66
4.2	MC908GP32 的通用 I/O .....	67
4.2.1	A 口 .....	68
4.2.2	B 口 .....	69
4.2.3	C 口、D 口和 E 口 .....	69
4.3	汇编工程文件组织与第一个汇编入门程序 .....	70



* 4.4 进一步讨论 .....	78
4.4.1 I/O 口的输入和输出电流 .....	78
4.4.2 端口上拉问题 .....	79
练习题 .....	81
<b>第 5 章 08C 语言及第一个 08C 工程 .....</b>	<b>83</b>
5.1 标准 C 语言的基本语法 .....	83
5.1.1 数据类型 .....	83
5.1.2 运算符 .....	84
5.1.3 流程控制 .....	85
5.1.4 函数 .....	88
5.1.5 指针 .....	89
5.1.6 结构体 .....	91
5.1.7 共用体 .....	92
5.1.8 位域 .....	93
5.1.9 编译预处理 .....	94
5.1.10 用 typedef 定义类型 .....	95
5.2 08C 语言的使用 .....	96
5.2.1 寄存器和 I/O 口的使用 .....	96
5.2.2 位操作方法 .....	97
5.2.3 中断处理 .....	98
5.2.4 08C 的常用库函数 .....	100
5.2.5 08C 语言与汇编语言的混合编程 .....	101
5.2.6 08C 与标准 C 的其他不同之处 .....	103
5.3 08C 工程文件组织 .....	103
* 5.4 进一步讨论 .....	110
5.4.1 变量的定义 .....	110
5.4.2 变量存储空间分配 .....	111
5.4.3 数据类型的选用 .....	113
5.4.4 位操作的其他实现方法 .....	114
5.4.5 算法设计问题 .....	115
练习题 .....	116

## 第 2 部分 嵌入式系统的基础应用

<b>第 6 章 源程序编译及调试 .....</b>	<b>118</b>
6.1 MT-IDE 集成开发套件 .....	118
6.1.1 硬件平台 .....	119
6.1.2 软件概述 .....	122

6.2	MT-IDE 集成开发环境的使用 .....	123
6.2.1	运行第一个汇编工程实例 .....	123
6.2.2	编译过程中产生的文件 .....	126
6.2.3	新建一个汇编工程 .....	128
6.2.4	运行第一个 C 工程实例 .....	129
* 6.3	CodeWarrior 软件简介 .....	131
6.3.1	CodeWarrior 的安装 .....	132
6.3.2	新建工程 .....	132
6.3.3	编译、链接与仿真调试 .....	134
* 6.4	进一步讨论 .....	135
6.4.1	MCU 中 Flash 程序的保密机制 .....	135
6.4.2	验证 MCU 中程序的正确性 .....	135
	练习题 .....	136
<b>第 7 章</b>	<b>串行通信接口 (SCI) .....</b>	<b>137</b>
7.1	异步串行通信的基础知识 .....	137
7.1.1	基本概念 .....	137
7.1.2	RS-232C 总线标准 .....	139
7.2	电平转换电路与 SCI 通用编程原理 .....	141
7.2.1	SCI 的外围硬件电路 .....	141
7.2.2	SCI 的基本编程原理 .....	141
7.3	GP32 SCI 模块寄存器 .....	142
7.4	串行口初始化与收发编程的基本方法 .....	146
7.5	串行通信通用函数与测试实例 .....	148
7.5.1	串行通信子函数 .....	148
7.5.2	查询方式工程文件 .....	151
7.5.3	中断方式工程文件 .....	152
7.5.4	通过 PC 方程序调试串行通信 .....	155
* 7.6	串行通信进一步讨论 .....	155
7.6.1	唤醒功能 .....	156
7.6.2	协议和控制流问题 .....	157
7.6.3	用通用 I/O 接口模拟 SCI 接收数据 .....	157
	练习题 .....	160
<b>第 8 章</b>	<b>键盘 .....</b>	<b>161</b>
8.1	键盘基本问题与 GP32 的键盘中断口 .....	161
8.1.1	键盘模型及接口 .....	161
8.1.2	键盘的基本问题 .....	162
8.1.3	MC908GP32 单片机的键盘中断模块 .....	163

8.2	汇编语言键盘中断模块编程实例 .....	165
8.2.1	按键识别与键盘定义子程序 .....	165
8.2.2	键盘中断编程举例 .....	169
8.3	08C 语言键盘中断模块编程实例 .....	171
8.3.1	按键识别与键盘定义函数 .....	172
8.3.2	键盘中断编程 08C 语言举例 .....	174
	练习题 .....	176
<b>第 9 章</b>	<b>LCD 与 LED 编程 .....</b>	<b>177</b>
9.1	数码管编程实例 .....	177
9.1.1	扫描法 LED 显示编程原理 .....	177
9.1.2	接口实例 .....	178
9.1.3	数码管汇编语言实例 .....	179
9.1.4	数码管 08C 语言实例 .....	183
9.2	LCD 概述 .....	183
9.2.1	LCD 的特点 .....	183
9.2.2	LCD 的分类 .....	184
9.3	点阵字符型 LCD 的接口特性 .....	185
9.3.1	点阵字符型液晶显示模块的基本特点 .....	185
9.3.2	HD44780 的引脚与时序 .....	186
9.3.3	HD44780 的编程结构 .....	187
9.3.4	HD44780 的指令集 .....	188
9.4	点阵字符型 LCD 编程实例 .....	190
9.4.1	LCD 汇编编程工程实例 .....	191
9.4.2	LCD 08C 编程实例 .....	196
	练习题 .....	197
<b>第 10 章</b>	<b>SPI 与模拟量转换 .....</b>	<b>198</b>
10.1	SPI 的基本工作原理 .....	198
10.1.1	SPI 概述 .....	198
10.1.2	SPI 的数据传输 .....	199
10.1.3	SPI 模块的时序 .....	199
10.2	GP32 的 SPI 模块编程基础 .....	201
10.2.1	SPI 模块的引脚 .....	201
10.2.2	SPI 模块的寄存器 .....	202
10.2.3	SPI 编程基本方法 .....	204
10.3	A/D 和 D/A 转换的基本问题 .....	205
10.4	MC908GP32 内部 A/D 转换模块 .....	206
10.4.1	GP32 A/D 转换模块寄存器 .....	207

10.4.2	A/D 转换模块的基本编程方法 .....	208
10.5	GP32 MCU A/D 转换编程实例 .....	209
10.5.1	A/D 转换 08C 语言编程实例 .....	209
10.5.2	A/D 转换汇编语言编程实例 .....	212
* 10.6	利用 SPI 进行高位 A/D 芯片的扩展 .....	213
10.6.1	A/D 芯片 TLC2543 概述 .....	213
10.6.2	SPI 模块与 TLC2543 的接口扩展 .....	215
* 10.7	利用 SPI 进行高位 D/A 芯片的扩展 .....	218
10.7.1	D/A 芯片 TLV5608 概述 .....	218
10.7.2	SPI 模块与 TLV5608 的接口实现 .....	219
10.7.3	扩展 D/A 的程序实现 .....	219
* 10.8	常用传感器及采样电路简介 .....	223
	练习题 .....	226
<b>* 第 11 章</b>	<b>GB60 的 IIC 模块及其应用 .....</b>	<b>227</b>
11.1	IIC 总线概述 .....	227
11.2	IIC 总线工作原理 .....	228
11.3	GB60 的 IIC 模块的编程基础 .....	232
11.3.1	GB60 IIC 模块寄存器 .....	232
11.3.2	GB60 IIC 模块编程 .....	236
11.4	IIC 应用实例——GB60 与 PCF8563 时钟芯片通信 .....	242
11.4.1	PCF8563 芯片简介 .....	242
11.4.2	MCU 使用专门的 IIC 模块与 PCF8563 时钟芯片通信 .....	245
	练习题 .....	248
<b>第 12 章</b>	<b>定时接口模块 .....</b>	<b>249</b>
12.1	计数器/定时器的基本工作原理 .....	249
12.1.1	实现计数与定时的基本方法 .....	249
12.1.2	MC908GP32 MCU 的定时接口的基本原理概述 .....	250
12.2	定时器模块的编程基础 .....	252
12.2.1	定时器模块的 3 个基本寄存器 .....	252
12.2.2	定时溢出中断汇编工程实例 .....	254
12.2.3	定时溢出中断 08C 工程实例 .....	259
* 12.3	定时器模块的输入捕捉功能 .....	260
12.3.1	输入捕捉的基本含义 .....	260
12.3.2	输入捕捉的寄存器 .....	260
12.3.3	输入捕捉中断编程实例 .....	262
* 12.4	定时器模块的输出比较功能 .....	266
12.4.1	输出比较的基本含义 .....	266

12.4.2	输出比较寄存器 .....	267
12.4.3	不带缓冲输出比较与带缓冲的输出比较 .....	268
12.5	定时器模块的脉宽调制输出功能 .....	269
12.5.1	脉冲宽度调制器 PWM .....	269
12.5.2	用定时器实现 PWM .....	270
12.5.3	不带缓冲脉宽调制输出与带缓冲脉宽调制输出 .....	270
12.5.4	PWM 08C 工程实例 .....	271
12.5.5	PWM 汇编工程实例 .....	274
	练习题 .....	274
<b>第 13 章</b>	<b>Flash 存储器</b> .....	<b>276</b>
13.1	Flash 存储器概述与编程模式 .....	276
13.1.1	Flash 存储器的基本特点与编程模式 .....	277
13.1.2	HC08 系列单片机 Flash 存储器的特点与编程模式 .....	277
13.2	MC908GP32 单片机 Flash 存储器编程方法 .....	279
13.2.1	Flash 存储器编程的基本概念 .....	279
13.2.2	Flash 存储器的编程寄存器 .....	279
13.2.3	Flash 存储器的编程过程 .....	281
13.3	GP32 单片机 Flash 在线编程汇编语言实例 .....	283
13.3.1	Flash 存储器的擦除及写入汇编子程序 .....	283
13.3.2	Flash 存储器在线编程汇编主程序及 PC 方程序 .....	288
13.4	GP32 单片机 Flash 在线编程 08C 语言实例 .....	291
* 13.5	HCS08 系列单片机 Flash 编程方法 .....	292
13.5.1	Flash 存储器的编程寄存器 .....	292
13.5.2	Flash 存储器的编程过程 .....	295
13.5.3	Flash 存储器的安全性 .....	297
	练习题 .....	297
<b>第 14 章</b>	<b>其他功能模块</b> .....	<b>299</b>
14.1	CONFIG 寄存器 .....	299
14.2	时钟发生模块与锁相环 .....	300
14.2.1	PLL 锁相环 .....	301
14.2.2	GP32 的 CGM 结构及外部连接 .....	302
14.2.3	CGM 的编程基础 .....	304
14.2.4	PLL 参数计算与编程步骤 .....	307
14.2.5	初始化及 PLL 编程实例 .....	309
14.3	中断 .....	311
14.3.1	中断源与中断向量地址 .....	311
14.3.2	$\overline{\text{IRQ}}$ 引脚中断 .....	311

14.3.3	断点模块 BRK 与软件中断 SWI 指令 .....	312
14.4	复位与系统集成模块 .....	312
14.4.1	复位 .....	312
14.4.2	系统集成模块 .....	313
14.5	低功耗模式与看门狗功能 .....	314
14.5.1	低功耗模式 .....	314
14.5.2	系统正常操作监视模块 .....	315
	练习题 .....	315

### 第 3 部分 嵌入式系统应用实例

* 第 15 章	实际应用系统设计实例 .....	318
15.1	应用系统概要 .....	318
15.1.1	应用系统概要 .....	318
15.1.2	应用系统需求分析 .....	318
15.1.3	应用系统设计分析 .....	319
15.2	硬件设计 .....	321
15.2.1	芯片选型 .....	321
15.2.2	设计框图 .....	322
15.2.3	MCU 引脚汇总列表 .....	323
15.2.4	各模块硬件分析与设计 .....	324
15.3	软件设计 .....	327
15.3.1	编写硬件驱动程序注意点 .....	327
15.3.2	各模块头文件 .....	327
15.3.3	各模块子程序的前导注释 .....	329
	练习题 .....	331
* 第 16 章	JB8 的 USB 1.1 模块与应用实例 .....	332
16.1	USB 概述 .....	332
16.2	USB 系统基本概念 .....	333
16.2.1	USB 主机 .....	333
16.2.2	USB 设备 .....	334
16.3	USB 物理特性 .....	335
16.3.1	USB 接口 .....	335
16.3.2	USB 信号 .....	336
16.3.3	检测设备连接和速度 .....	337
16.4	USB 的通信协议 .....	338
16.4.1	包 .....	339
16.4.2	信息包格式 .....	340

16.4.3	事务 .....	341
16.4.4	USB 传输类型 .....	343
16.4.5	设备列举 .....	344
16.5	JB8 USB 模块的编程方法 .....	348
16.5.1	MC68HC908JB8 简介 .....	349
16.5.2	USB 功能模块 .....	349
16.5.3	USB 寄存器 .....	352
16.5.4	USB 中断 .....	358
16.5.5	JB8 USB 1.1 通信编程 .....	358
16.6	PC 方 USB 1.1 编程实例 .....	365
16.6.1	PC 方 USB 1.1 编程步骤 .....	365
16.6.2	PC 方 USB 1.1 VB 编程实例 .....	370
	练习题 .....	372
<b>* 第 17 章 GZ60 的 CAN 模块及应用实例 .....</b>		<b>373</b>
17.1	CAN 技术规范 .....	373
17.1.1	CAN 的基本概念 .....	373
17.1.2	报文传输和帧结构 .....	375
17.1.3	位定时与同步 .....	379
17.2	MSCAN08 模块 .....	380
17.2.1	MSCAN08 特性 .....	380
17.2.2	外部引脚 .....	380
17.2.3	报文存储结构 .....	381
17.2.4	标识符校验滤波 .....	381
17.2.5	中断 .....	384
17.2.6	协议保护 .....	384
17.3	MSCAN08 通信接口硬件电路 .....	385
17.4	MSCAN08 模块的编程结构 .....	385
17.4.1	缓冲区结构 .....	386
17.4.2	控制寄存器 .....	388
17.5	CAN 通信子函数与测试实例 .....	395
17.5.1	CAN 通信子函数 .....	395
17.5.2	CAN 总线通信回环工作方式测试工程文件 .....	400
17.5.3	CAN 总线接口正常工作方式测试工程文件 .....	402
	练习题 .....	405
<b>附录 A 寄存器及中断向量表 .....</b>		<b>406</b>
A.1	GP32 寄存器及中断向量表 .....	406
A.2	GB60 寄存器及中断向量表 .....	410



---

附录 B CPU08 按字母索引的指令系统 .....	416
附录 C HC08 标准头文件实例 .....	426
C.1 GP32 汇编语言用头文件 .....	426
C.2 GP32 08C 语言用头文件 .....	428
附录 D 08C 函数库 .....	431
附录 E Freescale 常用封装形式及实际大小 .....	435
附录 F 苏州大学 Freescale 嵌入式系统实验室已有核心板及评估板 .....	436
附录 G 本书配套教学资料目录结构 .....	437
参考文献 .....	438

第 1 部分

# 嵌入式系统入门导引