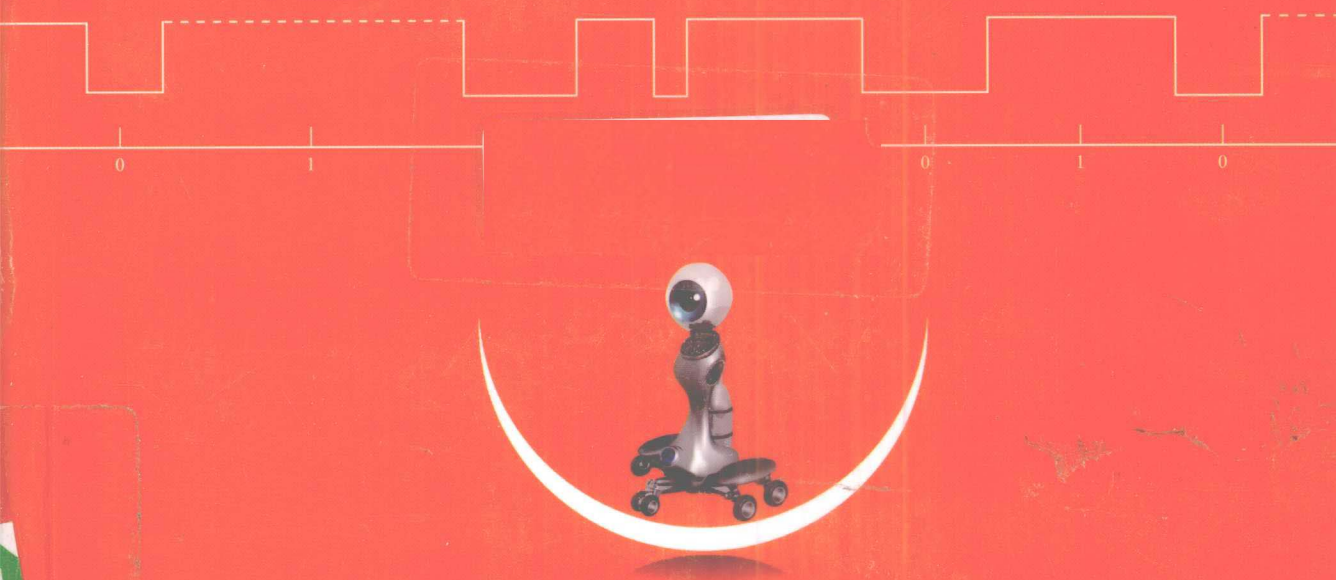
HZ BOOKS
华章科技

全程视频

零基础学
嵌入式Linux C编程

陈立伟 王桐 杨蕾◎等编著



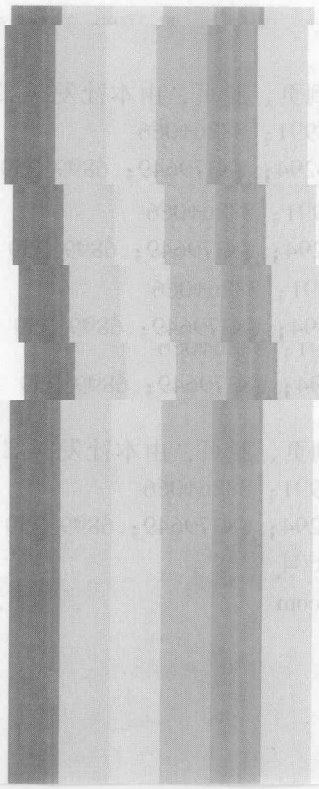
从学生到工程师的良师益友

CD-ROM

机械工业出版社
China Machine Press

零基础学
嵌入式Linux C编程

陈立伟 王桐 杨蕾◎等编著



机械工业出版社
China Machine Press

本书分为4篇，共20章，主要内容包括：嵌入式系统基础知识，Linux环境下C语言的开发，构建嵌入式Linux开发环境，Linux下C编程基础，数据、运算符和表达式，数据的输入和输出，基本语句，数组，函数、编译预处理，动态内存的堆与栈，指针、回调函数、结构体与共同体，Linux C语言嵌入汇编语言与移植性问题，嵌入式Linux环境下GUI开发技术，嵌入式Linux设备驱动开发，Linux文件操作，进程控制，线程控制，嵌入式网络防御体系设计实例，ARM Linux视频采集与传输实例，ARM Linux指纹识别实例等。

全书重点突出，层次分明，注重知识的系统性、针对性和先进性；注重理论联系实践，培养工程应用能力。本书不仅介绍详细的理论基础知识，还提供大量的开发案例作参考，可读性和实用性强。适合没有或者缺乏嵌入式Linux程序设计经验的初学者作为嵌入式Linux C语言开发的自学教材，同时也适合已掌握C语言基础编程技术，需要提高嵌入式C语言编程实践能力，以及对嵌入式Linux编程感兴趣的程序员阅读。

本书的配套光盘给出了书中的实例文件、开发过程的操作录像文件、常用元器件及芯片等丰富的拓展资源，极大地方便了读者自学，动手实践。

图书在版编目（CIP）数据

零基础学嵌入式Linux C编程/陈立伟，王桐，杨蕾编著. —北京：机械工业出版社，2010.6

ISBN 978-7-111-30718-1

Ⅰ.零… Ⅱ.①陈… ②王… ③杨… Ⅲ.①Linux操作系统－程序设计 ②C语言－程序设计 Ⅳ.①TP316.89 ②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字（2010）第091968号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号　邮政编码　100037）
责任编辑：张少波
北京京北印刷有限公司印刷
2010年8月第1版第1次印刷
184mm×260mm·27.5印张
标准书号：ISBN 978-7-111-30718-1
　　ISBN 978-7-89451-523-0（光盘）
定价：55.00元（附光盘）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
客服热线：（010）88378991；88361066
购书热线：（010）68326294；88379649；68995259
投稿热线：（010）88379604
读者信箱：hzjsj@hzbook.com

PREFACE 前 言

嵌入式系统是现在最热门的计算机应用领域之一，嵌入式 Linux 是应用最广泛的嵌入式操作系统之一，Linux 已经广泛应用于政府、军队、金融等行业中。C 语言作为一种当前使用非常广泛的高级程序设计语言，具有简单易用、跨平台、可移植性好的特点。Linux 的内核就是使用 C 语言开发的，它在 Linux 编程开发中具有重要的作用。

本书从嵌入式系统基础概念讲起，介绍在 Linux 系统中使用 C 语言编程的有关知识，通过本书的学习，读者可以快速学会 Linux 下 C 语言编程，掌握其中的编程方法和技巧，从而实现 Linux 环境下 C 语言编程的入门和提高。

本书特点

本书主要有以下特点。

1. 内容细致，结构合理

本书从嵌入式系统的基础知识开始，按照嵌入式 Linux C 语言从入门到提高到应用的顺序进行讲解，循序渐进，是从事嵌入式系统设计者的一本难得的培训教材和参考资料。

2. 内容深入浅出，易读易学

遵循了嵌入式系统开发过程的一般规律，通过本书的学习，读者能够快速地学会 Linux 下 C 语言编程，掌握其中的方法和编程技巧，并能从一开始就养成良好的编程习惯，以便于读者低起点、高效率地掌握 Linux 环境下的编程知识。

3. 技术全面，内容充实

本书所讲的内容在保证实用的前提下，详细介绍了嵌入式 Linux C 语言各个方面的知识，包括 C 语言、Vi、GDB、GCC、Emacs、Linux 环境下 GUI 开发、嵌入式 Linux 设备驱动开发、文件操作、进程控制、线程控制等相关知识。

4. 实例丰富，注重实战

本书精选了若干个典型实例，通过这些实践和应用环节，让读者真实地进行设计和操作，给读者以更大的学习与发挥空间。

5. 代码完整，讲解详尽

书中的每个知识点都有相应的实例代码，并对关键的代码部分进行了注释说明。每段代码的后面都有详细的分析，并给出了代码的运行结果。读者可以参照运行结果阅读源程序，以便于加深理解。

主要内容

本书分为 4 篇，共 20 章，各章的主要内容如下。

第一篇　开发基础

第 1 章：本章从嵌入式系统基础知识入手，介绍嵌入式系统的发展历史、嵌入式系统的特点及其应用、ARM 处理器的特点及其应用、嵌入式系统的基本开发流程、嵌入式 Linux 软件需求分

析与架构设计等。

第2章：介绍Linux下的C语言开发环境、嵌入式Linux C语言开发流程、嵌入式Linux C语言开发工具以及嵌入式Linux的基本使用，嵌入式Linux中程序的运行原理等内容。

第3章：详细讲解如何构建嵌入式Linux系统，构建嵌入式系统交叉编译环境，掌握Bootloader的作用及其使用，了解Linux内核目录结构、文件系统管理等。

第二篇　基础编程

第4章：本章是Linux下C语言编程的基础，首先介绍嵌入式Linux编辑器Vi的基本模式和基本操作，接下来介绍嵌入式Linux编译器GCC的编译流程分析、编译选项分析和使用库函数，然后通过实例介绍嵌入式Linux调试器GDB的的使用、make工程管理器的使用和Emacs综合编辑器的使用。

第5章：首先介绍C语言程序的基本结构，然后介绍C语言中的一些基本概念，如变量、标识符等，同时详细说明C语言中的几种基本数据类型、算术运算符、关系运算将、逻辑运算符以及利用这些运算符来构成相应表达式的一些规则。

第6章：介绍C语言字符输入函数getchar()、格式输入函数scanf()、字符输出函数putchar()、格式输出函数printf()的使用，为使用C语言进行程序设计打下基础。

第7章：介绍结构化程序的三种基本结构：顺序结构、选择结构和循环结构，介绍C语言程序中的语句和复合语句的概念，介绍C语言中的if语句、条件运算符、switch语句，介绍C语言中用于循环控制的while循环语句、do-while循环语句、for循环语句、break语句和continue语句、goto语句、逗号运算符和空操作语句。

第8章：介绍一维数组的定义和引用、一维数组元素的初始化，二维数组的定义和引用、二维数组元素的初始化以及介绍字符数组、字符串和字符串结束标志。

第9章：介绍C语言的函数和编译预处理，包括C语言中函数的定义和函数的使用及分类、函数的定义和调用、函数的参数及其传递方式、函数的嵌套调用和递归调用、变量的作用域及其存储类型以及宏定义、文件包含处理和条件编译等编译预处理内容。

第10章：介绍C语言程序的存储区域，包括代码段、只读数据段、已初始化数据段、未初始化数据段、栈区和堆区，以及C语言中的动态内存。介绍C程序中栈和堆的应用，并且从申请方式、申请后的响应、申请大小、申请效率、存储内容和存储效率上对堆内存和栈内存进行比较。

第11章：首先介绍指针的概念、变量的指针和指向变量的指针变量、数组的指针和指向数组的指针变量、字符串的指针和指向字符串的指针变量等内容，接下来介绍回调函数的概念与作用、回调函数的语法、回调函数的使用，最后介绍结构体类型变量、结构体数组、指向结构体类型数据的指针、用指针处理链表以及共同体的概念、定义方式、引用方式和数据特点等内容。

第12章：讨论Linux C语言嵌入汇编语言的编程，以及相应的移植性问题。首先介绍C和汇编的接口、内嵌汇编的语法、memory描述符、GCC对内嵌汇编语言的处理方式等，接下来介绍嵌入式Linux可移植性问题。

第三篇　高级编程

第13章：首先介绍嵌入式图形用户界面的基本概念及其特点，然后介绍Linux下的几种主流GUI，包括MiniGUI、Qt/Embedded、MicroWindows、OpenGUI和GTK+。最后介绍基于GTK+的图形界面编程，包括GTK+的安装、GTK+程序的初始化与退出、GTK+预定义的函数和数据类型、回调函数、GTK+的事件处理、使用GTK+实现Hello World、编译GTK+程序、在GTK+中使用控件等内容。

第14章：介绍Linux设备驱动程序的相关知识，包括Linux设备驱动程序与内核的关系、设备驱动程序与内核的接口、Linux内核驱动原理、内核模块作用等。然后介绍设备驱动程序开发

基础，最后介绍 Linux 操作系统的字符设备、块设备和网络设备 3 种驱动程序。

第 15 章：介绍 Linux 下的文件结构和文件操作，包括文件的创建、打开、关闭、读写、删除以及文件的属性和目录操作、文件系统的制作等内容。

第 16 章：介绍 Linux 进程的基本概念、Linux 进程调度、进程的内存映像，介绍创建进程、创建守护进程、进程退出、获得进程 ID、改变进程的优先级、执行新程序、等待进程结束以及进程间通信的主要方法（包括管道、有名管道、消息队列、信号量、共享内存等）。

第 17 章：介绍 Linux 线程的概念、线程和进程的关系、线程分类、创建线程、线程属性、线程等待和终止、私有数据、线程同步以及软件开发时出现的错误码和出错处理相关函数。

第四篇　综合实例

第 18 章：基于嵌入式网络防御体系的设计，使读者通过实例加深对 C 语言在嵌入式系统中的应用的理解。首先介绍了嵌入式系统设计的基本思路以及流程，使读者对软、硬件开发有一个总体的认识。然后对所要设计的系统进行软件和硬件方面的需求分析。接下来介绍在此实例可能会遇到的 Bug，调试过程，交叉编译环境的搭建、μCLinux 在嵌入式系统中的移植、程序的编写等。

第 19 章：本章针对视频监控系统的实际需求，结合嵌入式技术、图像处理技术和网络技术，设计并实现了一种实时性好、可靠性高、成本低的嵌入式视频采集和传输系统。主要内容包括硬件平台概述、S3C2410 介绍、视频采集的软件结构、视频采集的系统程序、视频采集系统应用程序等。

第 20 章：介绍在 Linux 环境下架构嵌入式指纹识别系统，介绍自动指纹识别技术的基本概念、研究意义和应用等内容，介绍指纹特征、指纹提取方法、指纹图像增强的方法、指纹特征的提取、指纹图像匹配、指纹识别系统的性能参数等，介绍系统硬件结构、Linux 操作系统移植、系统软件设计等。

读者对象

- 嵌入式系统开发人员、嵌入式软件开发与测试人员
- 高等院校计算机相关专业学生

本书光盘

- 书中全部实例文件
- 开发过程录像文件
- 常用芯片及元器件
- 常用学习交流网址

使用方法：如果光盘没有自动播放，用左键双击光盘图标进入光盘内容页面，再用左键双击“index”文件即可进入光盘首页。

本书第 1 ~ 2 章、第 5 ~ 9 章、第 15 ~ 17 章由陈立伟编写，第 3 ~ 4 章、第 10 ~ 12 章由王桐编写，第 13 ~ 14 章、第 18 ~ 20 章由杨蕾编写，参与代码调试和资料整理的老师还有李超、倪杰、李丹仪、宋一兵、管殿柱、赵景波、付本国、张轩、赵景伟、赵秋玲、张忠林、王献红、王臣业、张洪信等。由于水平有限以及时间仓促，书中难免存在错误之处，敬请读者批评指正。

感谢您选择了本书，希望我们的努力对您的工作和学习有所帮助，也希望您把对本书的意见和建议告诉我们。

作者联系方式：gdz_zero@126.com

编辑联系方式：sdl@hzbook.com

作者

2010 年 5 月

目 录 CONTENTS

第一篇 开发基础

第1章 嵌入式系统基础知识

本章要点：

- 嵌入式系统概述
- 嵌入式系统的组成
- 嵌入式系统开发

1.1 嵌入式系统概述

本节首先给出嵌入式系统的定义，介绍常见的嵌入式产品，然后对嵌入式系统的特点进行归纳总结，接下来介绍嵌入式系统的发展历史和应用领域。

1.1.1 嵌入式系统的定义

关于嵌入式系统（Embedded System），IEEE 给出的定义是：用于控制、监视或者辅助操作机器和设备的装置。另外一种人们普遍认可的定义是：嵌入式系统是以应用为中心、以计算机技术为基础、软件硬件可裁剪，对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的嵌入到对象体系中的专用计算机系统。嵌入式系统是软件和硬件的综合体，还可以包含一些复杂的装置。“嵌入性”、“专用性”与“计算机系统”是嵌入式系统的三个基本要素。常见的嵌入式操作系统有 Linux、Windows CE、Palm、Symbian 和 μC/OS- Ⅱ 等。每一种操作系统都有自己的特点和优势，应用于不同的领域。随着嵌入式操作系统及嵌入式处理技术的发展，嵌入式操作系统已经广泛地被应用于大量以嵌入式处理器为硬件基础的系统中，嵌入式产品存在于人们生活的各个方面，包括消费产品、通信产品、医疗设备、军事装备等。图 1-1 是生活中常见的嵌入式产品。

1.1.2 嵌入式系统的特点

从某种意义上来说，通用计算机行业的技术是垄断的。嵌入式系统则不同，嵌入式系统

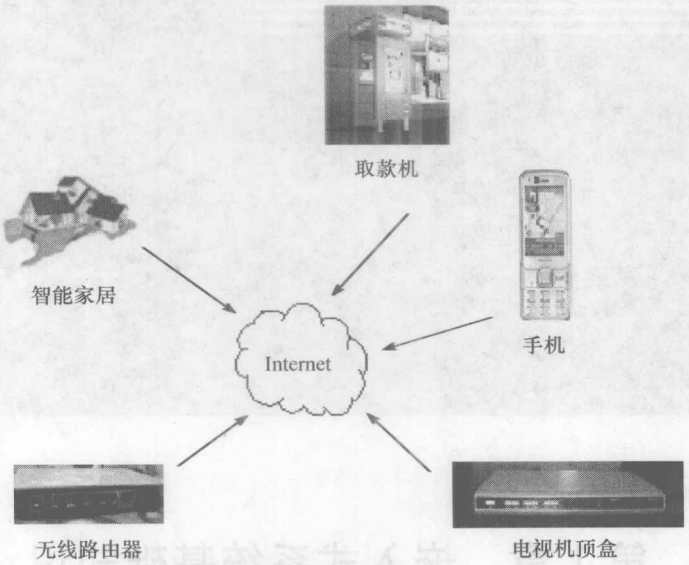


图 1-1 常见的嵌入式产品

工业是不可垄断的高度分散的工业，充满了竞争、机遇与创新，没有哪一个系列的处理器和操作系统能够垄断全部市场。即便在体系结构上存在着主流，但各不相同的应用领域决定了不可能由少数公司、少数产品垄断全部市场。因此，嵌入式系统领域的产品和技术必然是高度分散的，留给各个行业高新技术公司的创新余地很大。另外，社会上的各个应用领域是不断向前发展的，要求其中的嵌入式处理器核心也同步发展，这也构成了推动嵌入式工业发展的强大动力。嵌入式系统工业的基础是以应用为中心的芯片设计和面向应用的软件产品开发。相比于通用型计算机系统，嵌入式系统主要具有以下特点。

- 嵌入式系统融合了多种技术，包括计算机技术、半导体技术以及电子技术等，它是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。通用计算机行业中，占整个计算机行业 90% 的个人电脑产业，绝大部分采用的是 Intel 的 x86 体系结构，而芯片厂商则集中在 Intel、AMD、Cyrix 等几家公司，操作系统方面更是被微软占据垄断地位。但这样的情况却不会在嵌入式系统领域出现。这是一个分散的，充满竞争、机遇与创新的工业，没有哪个公司的操作系统和处理器能够垄断市场。
- 嵌入式系统通常是面向用户、面向产品、面向特定应用的，其专用性很强，不能独立于应用自行发展。嵌入式系统中的 CPU 与通用型 CPU 的最大不同就是前者大多工作在为特定用户群设计的系统中。通常，嵌入式系统 CPU 都具有低功耗、体积小、集成度高等特点，能够把通用 CPU 中许多由板卡完成的任务集成在芯片内部，从而有利于整个系统设计趋于小型化。在嵌入式系统中硬件和软件结合非常紧密，需要针对用户的具体需求对系统进行合理配置，达到理想性能。与此同时，系统设计还受市场供求关系的影响。嵌入式处理器的发展也体现出稳定性，一个体系一般要存在 8 ~ 10 年的时间。一个体系结构及相关的片上外设、开发工具、库函数、嵌入式应用产品合在一起，可以构成一套复杂的知识系统。
- 嵌入式系统和具体应用有机地结合在一起，软硬件需进行高效设计，其升级换代也是和具体产品同步进行的。因此嵌入式系统产品一旦进入市场，就具有较长的生命周期。
- 嵌入式系统的系统内核较小，其应用一般是小型电子装置，成本低、体积小、功耗低、

可靠性高，运行速度和存储容量上有一定的限制。另外，环境温度的影响也不容忽视。

- 为了提高执行速度和系统可靠性，嵌入式系统中的程序一般都固化在存储器芯片或单片机中，而不是存贮于磁盘等载体中。由于嵌入式系统的运算速度和存储容量仍然存在一定程度的限制，另外，由于大部分嵌入式系统必须具有较高的实时性，因此对程序的质量，特别是可靠性，有着较高的要求。
- 嵌入式系统需要开发工具和开发环境，用户在设计完成以后可以借助开发工具和开发环境修改其中的程序功能。开发时往往有主机和目标机的概念，主机用于程序的开发，目标机作为最后的执行机，开发时需要交替结合进行。
- 嵌入式处理器的应用软件是实现嵌入式系统功能的关键，对嵌入式处理器系统软件和应用软件的要求也和通用计算机有所不同。为了提高执行速度和系统可靠性，软件要求固态化存储，以提高速度，软件代码要求高质量、高可靠性，系统软件要具有高实时性。
- 通用计算机的开发人员通常是计算机科学或者计算机工程方面的专业人士，而嵌入式系统开发人员却往往是各个应用领域中的专家，这就要求嵌入式系统所支持的开发工具易学、易用、可靠、高效。

1.1.3 嵌入式系统的发展历史

嵌入式系统于20世纪70年代起源于微型机时代，近几年网络、通信和多媒体技术的发展为嵌入式系统的应用开辟了广阔的天地。嵌入式系统经过独立发展的单片机时代，至今已经有30多年的历史了，伴随着硬件和软件的交替发展，嵌入式技术的发展可以划分为以下几个阶段。

1. 始于微型机时代的嵌入式应用

数字计算机诞生于1946年，在其后漫长的历史进程中，计算机始终是供养在特殊的机房中，实现数值计算的大型昂贵设备。直到20世纪70年代微处理器的出现，计算机才有了历史性的变化。1971年11月Intel公司成功地把算术运算器和控制器电路集成在一起，推出第一款微处理器Intel 4004。以微处理器为核心的微型计算机具有体积小、功耗低、结构简单、可靠性高、使用方便、性能价格比高等一系列优点，使其迅速走出机房、获得广泛的应用。微型机表现出的智能化水平引起了控制专业人士的兴趣，要求将微型机嵌入到一个对象体系中，实现对象体系的智能化控制。以微处理器为核心的系统广泛应用于仪器仪表、家用电器、医疗设备等领域。这样一来，计算机便失去了原来的形态与通用的计算机功能。为了区别于原有的通用计算机系统，把嵌入到对象体系中、实现对象体系智能化控制的计算机称作嵌入式计算机系统。因此，嵌入式系统诞生于微型机时代，嵌入式系统的嵌入性本质是将一个计算机嵌入到一个对象体系中去，这些是理解嵌入式系统的基本出发点。

2. 现代计算机技术的两大分支

由于嵌入式计算机系统要嵌入到对象体系中，实现的是对象的智能化控制，因此，它有着与通用计算机系统完全不同的技术要求与技术发展方向。

通用计算机系统的技术要求是高速、海量的数值计算；技术发展方向是总线速度的无限提升，存储容量的无限扩大。而嵌入式计算机系统的技术要求则是对象的智能化控制能力；技术发展方向是与对象系统密切相关的嵌入性能、控制能力与控制的可靠性。

早期，人们将通用计算机系统进行改装，在大型设备中实现嵌入式应用。然而，对于众多的对象系统，如家用电器、仪器仪表、工控单元等，无法嵌入通用计算机系统，而且嵌入式系统与通用计算机系统的技术发展方向完全不同，因此，必须独立地发展通用计算机系统与嵌入式计算机系统，这就形成了现代计算机技术发展的两大分支，即通用计算机系统与嵌

入式计算机系统。

通用计算机系统与嵌入式计算机系统的专业化分工发展，导致20世纪末、21世纪初计算机技术的飞速发展。计算机专业领域集中精力发展通用计算机系统的软、硬件技术，不必兼顾嵌入式应用要求，通用微处理器迅速从286、386、486发展到奔腾系列；操作系统则迅速扩张计算机基于高速海量的数据文件处理能力，使通用计算机系统进入到高速发展的阶段。

嵌入式计算机系统则走上了一条完全不同的道路，这条独立发展的道路就是单芯片化道路。它的发展首先是以芯片为核心的可编程控制器形式的系统，然后是以嵌入式CPU为基础、以简单操作系统为核心的嵌入式系统，最后是以嵌入式操作系统为标志的嵌入式系统。

3. 单片机技术的发展

嵌入式系统虽然起源于微型计算机时代，然而，微型计算机的体积、价位、可靠性都无法满足广大对象系统的嵌入式应用要求，因此，嵌入式系统必须走独立发展的道路。这条道路就是芯片化道路。将计算机做在一个芯片上，从而开创了嵌入式系统独立发展的单片机时代。单片机就是把组成微型计算机中央处理器、存储器、输入输出接口电路、定时器/计数器等各个部件制作在一块集成电路芯片中，构成的一个完整微型计算机。单片机的出现，使得汽车、家电、工业机器、通信装置以及成千上万种产品可以通过内嵌电子装置来获得更佳的使用性能。

单片机的发展经历了SCM、MCU、SoC三大阶段。

（1）SCM（Single Chip Microcomputer）阶段

该阶段主要是寻求最佳的单片形态嵌入式系统的最佳体系结构。SCM与通用计算机具有完全不同的发展道路。在开创嵌入式系统独立发展的道路上，Intel公司功不可没，在1971年首次推出4004的4位单片微处理器。1974年12月Fairchild公司推出8位单片机F8（需另加一块3851芯片），其后，Mostek公司和Fairchild公司一起推出了与F8兼容的3870单片机系列。

（2）MCU（Micro Controller Unit）阶段

MCU将ROM、RAM、CPU、I/O集合在同一个芯片中，为不同的应用场合做不同的组合控制。该阶段主要的技术发展方向是：不断扩展满足嵌入式应用时对象系统要求的各种外围电路与接口电路，突显其对象的智能化控制能力。它所涉及的领域都与对象系统相关，因此，发展MCU的重任不可避免地落在电气、电子技术厂家身上。在发展MCU方面，最著名的厂家是Philips公司，Philips公司以其在嵌入式应用方面的巨大优势，将MCS-51从单片微型计算机迅速发展到微控制器。

（3）SoC（System on a Chip）阶段

SoC设计技术始于20世纪90年代中期，随着半导体工艺技术的发展，集成电路（IC）设计者能够将越来越复杂的功能集成到单硅片上，SoC正是在集成电路向集成系统（IS）转变的大方向下产生的，它是集成电路发展的必然趋势。SoC可以有效地降低电子系统产品的开发成本，缩短开发周期。SoC的技术特点体现在它是半导体工艺技术的系统集成，也是软件系统和硬件系统的集成。

4. 嵌入式系统的两种应用模式

嵌入式系统的嵌入式应用特点决定了它的多学科交叉特点。作为计算机的内含，要求计算机领域人员介入其体系结构、软件技术、工程应用方面的研究。然而，了解对象系统的控制要求，实现系统控制模式必须具备对象领域的专业知识。因此，从嵌入式系统发展的历史过程，以及嵌入式应用的多样性中，可以了解到客观上形成的两种应用模式。

嵌入式计算机系统起源于微型机时代，但很快就进入到独立发展的单片机时代。在单片机时代，嵌入式系统以器件形态迅速进入到传统电子技术领域中，以电子技术应用工程师为

主体，实现传统电子系统的智能化，而计算机专业队伍并没有真正进入单片机应用领域。因此，电子技术应用工程师以自己习惯的电子技术应用模式，从事单片机的应用开发。这种应用模式最重要的特点是：软、硬件的底层性和随意性；对象系统专业技术的密切相关性；缺少计算机工程设计方法。

虽然在单片机时代，计算机专业淡出了嵌入式系统领域，但随着后PC时代的到来，网络、通信和多媒体技术得以发展；同时，嵌入式系统软、硬件技术有了很大的提升，计算机专业人士开始进入嵌入式应用领域。计算机专业人士的介入，使形成的计算机应用模式带有明显的计算机的工程应用特点，即基于嵌入式系统软、硬件平台，以网络、通信为主的非嵌入式底层应用，许多嵌入式应用程序就是在计算机上先进行验证，然后移植到嵌入式设备上的。

由于嵌入式系统最大、最广、最底层的应用是传统电子技术领域的智能化改造，因此，以通晓对象专业的电子技术队伍为主，用最少的嵌入式系统软、硬件开销，以8位机为主，带有浓重的电子系统设计色彩的电子系统应用模式会长期存在下去。另外，计算机专业人士会越来越多地介入嵌入式系统应用，但限于对象专业知识的隔阂，其应用领域会集中在网络、通信、多媒体、商务电子等方面，不可能替代原来电子工程师在控制、仪器仪表、机械电子等方面的嵌入式应用。因此，客观存在的两种应用模式会长期并存下去，在不同的领域中相互补充。电子系统设计模式应从计算机应用设计模式中学习计算机工程方法和嵌入式系统软件技术；计算机应用设计模式应从电子系统设计模式中了解嵌入式系统应用的电路系统特性、基本的外围电路设计方法和对象系统的基本要求等。

5. 嵌入式系统应用的高低端

由于嵌入式系统有过很长的一段单片机的独立发展道路，大多是基于8位单片机，实现最底层的嵌入式系统应用，带有明显的电子系统设计模式特点。大多数从事单片机应用开发的人员，都是对象系统领域中的电子系统工程师，加之单片机的出现，立即脱离了计算机专业领域，以“智能化”器件身份进入电子系统领域，没有带入“嵌入式系统”概念。因此，不少从事单片机应用的人，不了解单片机与嵌入式系统的关系，在谈到“嵌入式系统”领域时，往往理解成计算机专业领域的，基于32位嵌入式处理器，从事网络、通信、多媒体等的应用。这样，“单片机”与“嵌入式系统”形成了嵌入式系统中常见的两个独立的名词。但由于“单片机”是典型的、独立发展起来的嵌入式系统，从学科建设的角度出发，应该把它统一成“嵌入式系统”。考虑到原来单片机的电子系统底层应用特点，可以把嵌入式系统应用分成高端与低端，把原来的单片机应用理解成嵌入式系统的低端应用，表现它的底层性以及与对象系统的紧耦合。

1.1.4 嵌入式系统的应用领域

嵌入式系统种类繁多，广泛应用于消费类电子产品、兵器工业、计算机外围、智能家电、智能玩具、交通、金融、国防等国民经济的各个领域。如自动控制领域的工业自动化仪表与检测设备，化工过程的自动化设备，电网系统，自动抄表设备，空中交通控制系统，自动收费，航天器姿态与轨道定位装置，移动电话，自动柜员机（ATM），IC卡，销售终端（POS），全球定位系统（GPS），手持电脑（HPC），个人数字处理（PDA），信息家电，Internet接入终端设备等。

（1）工业控制

利用嵌入式产品和技术，如可编程控制器、数字机床、电力系统、电网安全、电网设备监测、工业机器人等可以对工业生产过程中的生产流程加以控制，从而提高生产效率和产品质量，减少人力资源。