

嵌入式系统

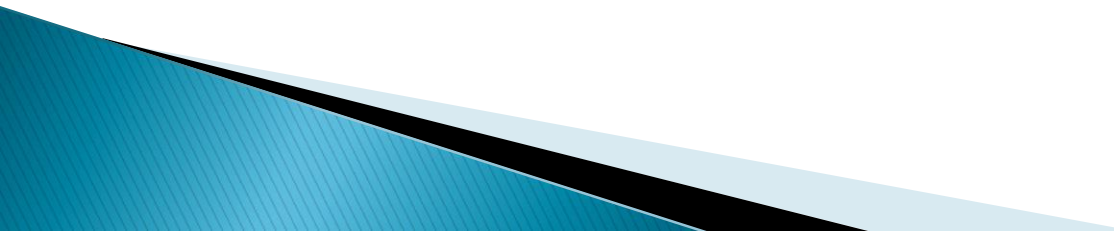
课程目的

- ▶ 本课程围绕基于ARM的微处理器，介绍了嵌入式系统前沿发展趋势，理解其设计方法，学会嵌入式编程技术。
- ▶ 课程采用讲课与实验相结合的方式。
- ▶ 着重培养学生的实际动手能力，通过熟悉开发环境与开发流程、编程实践等基础实验，使学生能够掌握嵌入式系统设计的基本方法。此外还增加了网络接口设计、嵌入式游戏开发等开放式实验，供基础较好的学生深入学习。
- ▶ 学生基础：是否学过C语言、计算机组成等

参考资料

- ▶ 王剑等编著。嵌入式系统设计与应用:基于ARM Cortex-A8和Linux(第2版)。清华大学出版社, 2020。
- ▶ 陈文智等。嵌入式系统原理与设计 (第2版)。北京: 清华大学出版社, 2017。
- ▶ 科波特等, Linux设备驱动程序 (第三版)。中国电力出版社, 2010。

希望大家有所收获

1. 掌握一种学习方法
 2. 学习了解嵌入式技术研发的基本概念、方法和知识
 3. 获得嵌入式开发设计实践经验
 4. 获得学分
- 

Grading Policy

作业：15%

实验：30%

课堂：5%

课堂测验：10%

期末：40%



“nearly any computing system other than a desktop computer”



娱乐设备



手持设备

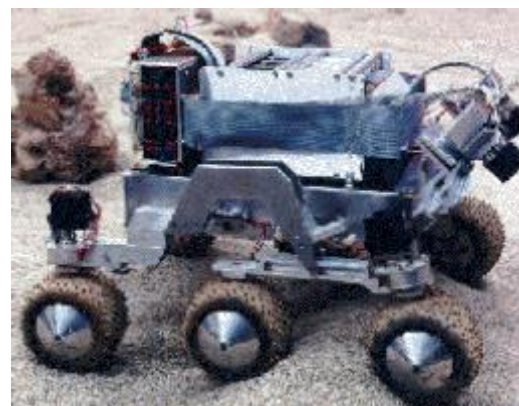


办公设备

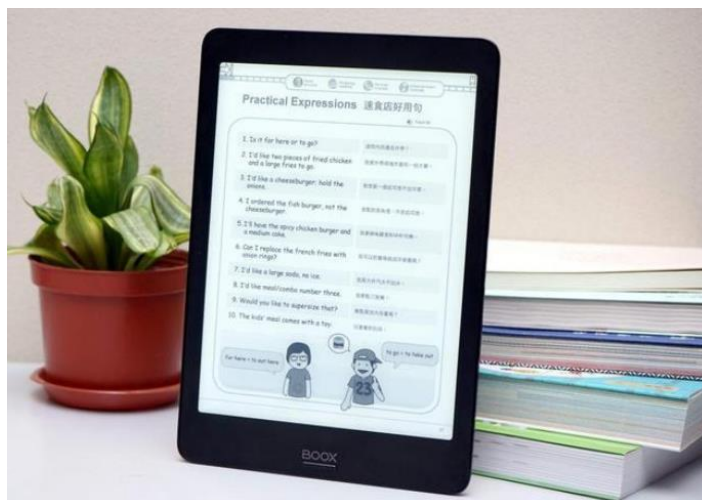
一、为什么要学习嵌入式技术

- ▶ 每年只有10%-20%的计算机芯片用于台式机或笔记本电脑等，这就意味着每年有几十亿块CPU是为嵌入式系统设计制造的。
- ▶ 每年有超过1万个新的嵌入式系统计划产生。

嵌入式系统的应用领域



嵌入式系统的应用领域



嵌入式在医疗设备中的应用

- 血糖仪
- 便携式心电监护仪
- 血氧仪



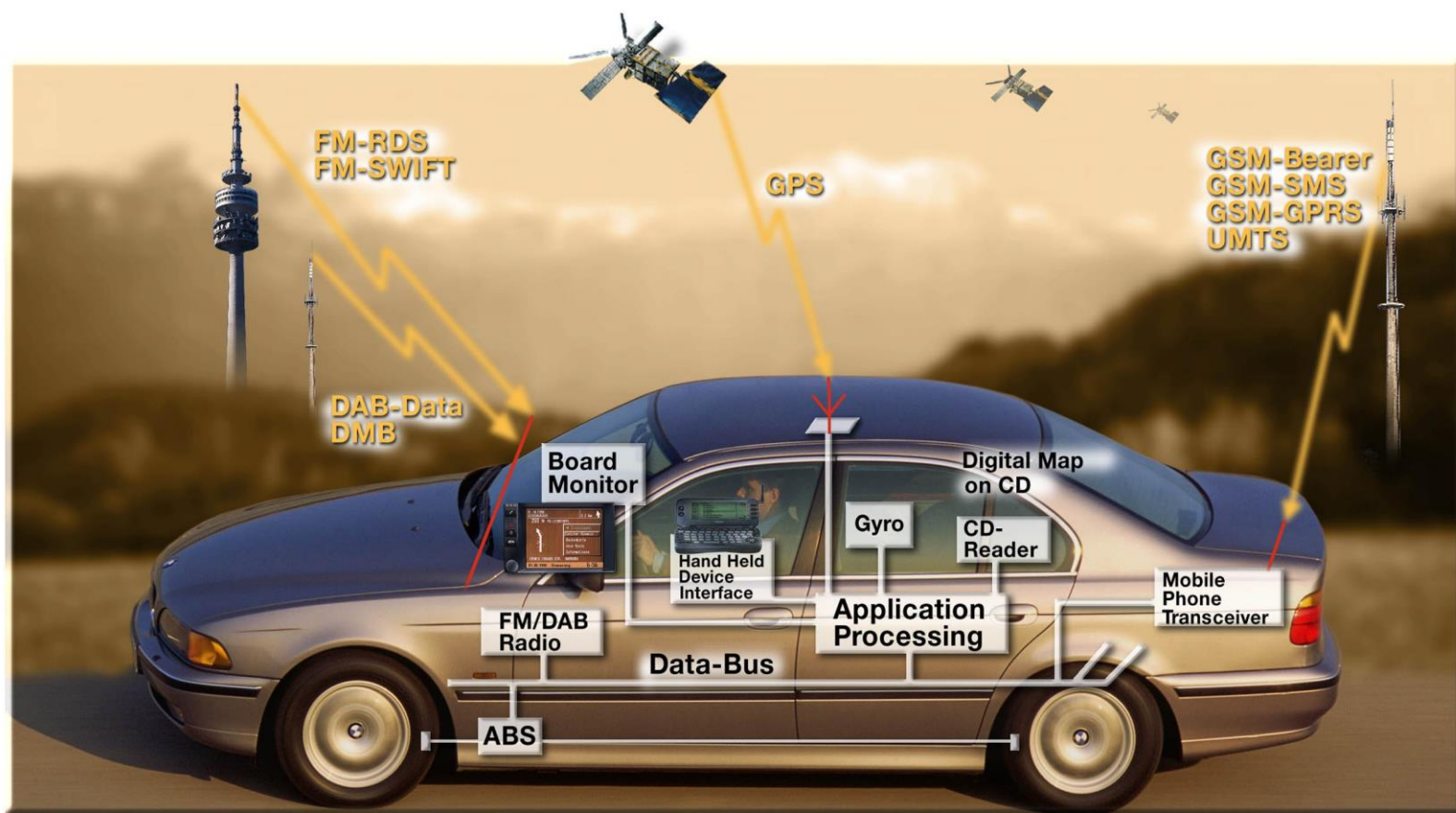
嵌入式在网络中的应用

- 交换机
- 路由器




宽带上网

嵌入式技术在汽车电子中的应用



- “福特出售的‘计算能力’已超过了IBM”，由此可以想见嵌入式计算机工业的规模和广度。

社会对嵌入式系统设计人才的迫切需求

- ▶ 通讯行业：华为、中兴、大唐、
 - ▶ 国内IT业：联想、同方、方正、
 - ▶ 外资企业：微软、IBM、GE、
 - ▶ 工业领域：Siemens、ABB、研华、
 - ▶ 国内中小型高新技术企业
- 

嵌入式Linux工程师

深圳市兆驰股份有限公司

[查看所有职位](#)

深圳 | 在校生/应届生 | 本科 | 招3人 | 12-21发布 | 软件工程 网络工程

0.8-1万/月

上市公司：电视、
机顶盒、网通类产品（如路由器）

职位信息

- (1) 负责嵌入式系统之U-boot的调试和维护；
- (2) 负责嵌入式系统之Linux内核空间或用户空间代码的裁剪、集成、维护；
- (3) 负责硬件系统中非射频部分的BSP和Linux驱动开发(内核或用户空间)， 包括SoC内部各种硬件控制器、SPI/I2C接口的外设、以及AXI/APB接口的FPGA模块等；
- (4) 负责交叉编译环境的搭建，嵌入式开发和调试环境的搭建，固件的调试和优化等；
- (5) 协助团队进行软硬件联调、系统级功能验证及调试、系统级性能验证及优化；
- (6) 输出或完善职责相关的技术文档。

任职资格：

- (1) 本科以上学历，通信、微波、微电子、计算机、电子、自动化等相关专业
- (2) 熟练掌握微机原理、c语言程序设计，有丰富的c语言实践经验；
- (3) 了解嵌入式系统硬件基本原理，熟悉嵌入式系统软件基本原理， 熟悉嵌入式系统下复杂硬件设备驱动程序的层次栈；
- (4) 熟悉Linux内核空间和用户空间架构；熟悉用户空间的系统管理工具、基本命令行操作、以及shell脚本编程；
- (5) 熟悉Linux内核一个以上的子系统；熟悉Linux设备驱动框架，

应届毕业生（嵌入式方向、单片机方向）

4.5-6千/月

凌嘉科技（深圳）有限公司

[查看所有职位](#)

给出的待遇还比较
靠谱

职位信息

职位描述：

- 1.进行基于凌阳IC的应用开发，直接支持客户或合作伙伴进行产品设计；
- 2.协助市场团队进行推广，对客户进行技术培训，指导客户参考设计进行产品开发；
- 3.对客户进行技术跟踪，解决客户开发过程中常见的软硬件技术问题；

岗位要求：

1. 计算机、自动化、电子等相关专业本科学历
2. 熟练掌握C语言编程
3. 了解单片机或者ARM，MIPS等基本原理：系统学习过微机原理或者单片机原理，或者计算机体系结构。
4. 有一定嵌入式项目经验：学习过嵌入式实验课程，或者有实际嵌入式项目的软件经验。
5. 有以下经验者优先考虑：
 - A. 用汇编语言完成过实际项目，或者实际写作超过100行汇编语言的实验室课程。
 - B. 有IIC, SPI, USB等硬件协议相关的项目经验。
 - C. 应届生参加过全国大学生电子设计竞赛优先考虑。

福利待遇：

- 1、年底奖金；
- 2、享受标准社会保险（养老保险+医疗保险，工伤保险，失业保险，生育保险），住房公积金，商业保险（重大疾病，意外伤害）

嵌入式软件工程师

深圳市麦思美汽车电子有限公司

[查看所有职位](#)

深圳 | 在校生/应届生 | 本科 | 招4人 | 12-30发布 | 英语熟练 | 软件工程 物联网工程

给出的待遇还比较
靠谱

职位详情：

- 1、嵌入式软件开发；
- 2、WinCE软件开发；
- 3、Linux软件开发；
- 4、QT软件开发。

岗位要求：

- 1、2021届本科毕业生，软件相关专业；
- 2、从事嵌入式软件开发2年以上工作经验；
- 3、熟悉WinCE，Linux，或QT软件开发；
- 4、CET-4，CET-6优先。本公司从事海外业务，提供海外工作机会；
- 5、工作积极主动，责任感强；有良好的团队协作能力和沟通能力；肯钻研、能吃苦，富有创新精神。

薪酬福利：

5-6.5K、五险一金、带薪年假、员工旅游、节日福利、年底双薪、绩效奖金、周末双休、提供住宿

嵌入式软件工程师（江门）

1-1.5万/月

深圳市江波龙电子股份有限公司

[查看所有职位](#)

江门 | 在校生/应届生 | 本科 | 招20人 | 12-30发布 | 通信工程

职位信息

岗位职责：

- 1、负责产品固件开发、维护与优化；
- 2、完成产品验证、生产制具的开发；
- 3、跟进器件的认证与导入。

岗位要求：

- 1、本科及以上学历，电子信息、计算机等相关专业，英语四级及以上；
- 2、精通C语言编程，熟悉电子线路、基本元器件原理；
- 3、身体健康，乐观向上，热爱技术，有钻研精神，具有团队合作精神；
- 4、有全国各类电子大赛经验优先。

是一家聚焦NAND
闪存应用和存储芯
片定制的公司，

给出的待遇比较高，
可能是要技术相当
好的学生。

☐ 嵌入式软件工程师 12-21发布

深圳市海鹏信电子股份有限公司

1-1.5万/月 深圳-光明新区 3-4年经验 | 本科 | 招2人

民营企业 | 500-1000人

五险一金 年终奖金 项目奖金 提供食宿

电子技术/半导体/集成电路

☐ 嵌入式软件工程师 12-21发布

广东红海联动信息科技有限公司

1.5-2万/月 深圳-龙华区 2年经验 | 本科 | 招5人

民营企业 | 150-500人

绩效奖金 带薪年假 专业培训 加班补贴 餐饮补贴 五险一金

通信/电信/网络设备

☐ 嵌入式软件工程师 (MCU方向) 12-21发布

深圳康诺思腾科技有限公司

1.8-3万/月 深圳-南山区 3-4年经验 | 本科 | 招1人

民营企业 | 50-150人

电子技术/半导体/集成电路

☐ 嵌入式软件工程师 12-21发布

深圳市华芯飞通讯有限公司

1.3-2万/月 深圳-宝安区 1年经验 | 本科 | 招1人

民营企业 | 50-150人

电子技术/半导体/集成电路

☐ 嵌入式Linux驱动工程师 12-21发布

深圳市中安视达科技有限公司

0.8-1万/月 深圳 2年经验 | 本科 | 招1人

民营企业 | 少于50人

周末双休 五险一金 带薪年假 绩效奖金 节日福利

电子技术/半导体/集成电路

☐ 嵌入式软件工程师（江门） 12-21发布 校招

1-1.5万/月 江门 | 在校生/应届生 | 本科 | 招20人

深圳市江波龙电子股份有限公司

民营企业

电子技术/半导体/集成电路

☐ 嵌入式软件工程师 12-21发布 校招

深圳 | 在校生/应届生 | 本科 | 招4人

深圳市麦思美汽车电子有限公司

申请职位

☐ 嵌入式软件测试工程师 12-21发布 校招

4.5-6千/月 深圳 | 在校生/应届生 | 大专 | 招1人

深圳麦克维尔空调有限公司

外资（非欧美）

仪器仪表/工业自动化

☐ 嵌入式Linux工程师 12-21发布 校招

0.8-1万/月 深圳 | 在校生/应届生 | 本科 | 招3人

深圳市兆驰股份有限公司

上市公司

电子技术/半导体/集成电路

☐ 嵌入式软件工程师（深圳&中山） 12-21发布 校招

1.5-2万/月 深圳 | 在校生/应届生 | 硕士 | 招30人

深圳市江波龙电子股份有限公司

民营企业

电子技术/半导体/集成电路

对提高专业知识和实践能力大有帮助

- ▶ 嵌入式系统设计是一门综合性的课程，涉及涉及电子、计算机、自动控制等诸多专业知识，综合性强，可包括微机原理、单片机设计、操作系统等课程内容。嵌入式系统是软件、硬件设计的完美结合。
- ▶ 理论与实践相结合：实践是嵌入式系统课程的重要环节，缺乏实践的嵌入式系统课程是纸上谈兵。
- ▶ 通过嵌入式系统课程学习，可提升嵌入式系统设计的专业知识和实际设计能力。
- ▶ 知识的积累是与精力和时间的付出成正比的，要成为高手和专家，就需要不断的努力。
- ▶ 学无止境。

第1章 嵌入式系统概述



目 录

1.1 嵌入式系统简介

1.2 嵌入式微处理器

1.3 嵌入式操作系统

1.4 嵌入式系统的应用领域和发展趋势

1.1

Part One

嵌入式系统简介

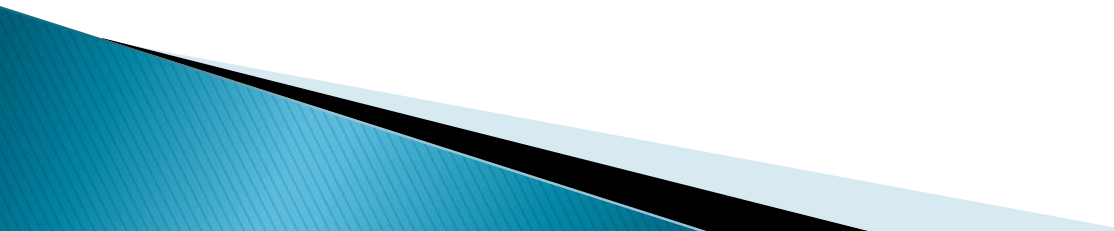
现代计算机技术的发展的两大分支：

以高速、海量的数值计算为主的计算机系统----
-----通用计算机系统

嵌入到对象体系中、以控制对象为主的计算机系统-----嵌入式计算机系统。

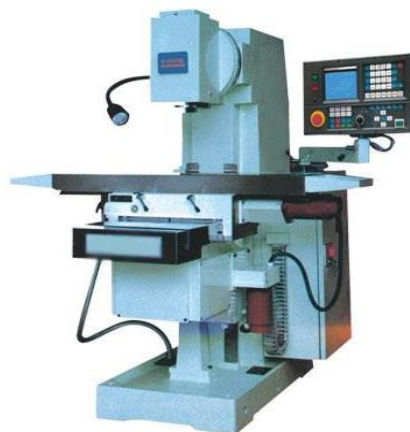
通用计算机系统以数值计算和处理为主，包括巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机等。其技术要求是高速、海量的数值计算，技术方向是总线速度的无限提升、存储容量的无限扩大。

嵌入式计算机系统以对象的控制为主，其技术要求是对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。



1.1.2 嵌入式系统的定义、特点和分类

国际国内对嵌入式系统的定义有很多。如：国际电气和电子工程师协会（the Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE）对嵌入式系统的定义为：**嵌入式系统是用来控制、监视或者辅助机器、设备或装置运行的装置。----广泛定义**



国内普遍认同的嵌入式系统定义是：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，适应于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等方面有特殊要求的专用计算机系统。

--定义收缩，强调“嵌入性”、“专用性”与“计算机系统”

2.嵌入式系统的特点

与“嵌入性”相关的特点：由于是嵌入到对象系统中，因此必须满足对象系统的环境要求，如物理环境（小型）、电气/气氛环境（可靠）、成本（价廉）等要求。

与“专用性”的相关特点：软、硬件的裁剪性；满足对象要求的最小软、硬件配置等。

与“计算机系统”相关的特点：嵌入式系统必须是能满足对象系统控制要求的计算机系统。

3. 嵌入式系统的分类

按其形态的差异，一般可将嵌入式系统分为：
芯片级（MCU、SoC）、
板级（单板机、模块）、
设备级（工控机）等三级。

按其复杂程度的不同，又可将嵌入式系统分为以下四类：

（1）主要由微处理器构成的嵌入式系统，常常用于小型设备中（如温度传感器、烟雾和气体探测器及断路器）；

（2）不带计时功能的微处理器装置，可在过程控制、信号放大器、位置传感器及阀门传动器等中找到；

（3）带计时功能的组件，这类系统多见于开关装置、控制器、电话交换机、包装机、数据采集系统、医药监视系统、诊断及实时控制系统等等；

（4）在制造或过程控制中使用的计算机系统，这也就是由工控机级组成的嵌入式计算机系统，是这四类中最复杂的一种。也是现代印刷设备中经常应用的一种。

4. 嵌入式系统的独立发展道路

“ Σ 模式”与“创新模式”。

“ Σ 模式”本质上是通用计算机直接芯片化的模式，它将通用计算机系统中的基本单元进行裁剪后，集成在一个芯片上，构成单片微型计算机；

“**创新模式**”则完全按嵌入式应用要求设计全新的，满足嵌入式应用要求的体系结构、微处理器、指令系统、总线方式、管理模式等。

-----**MCS-51**

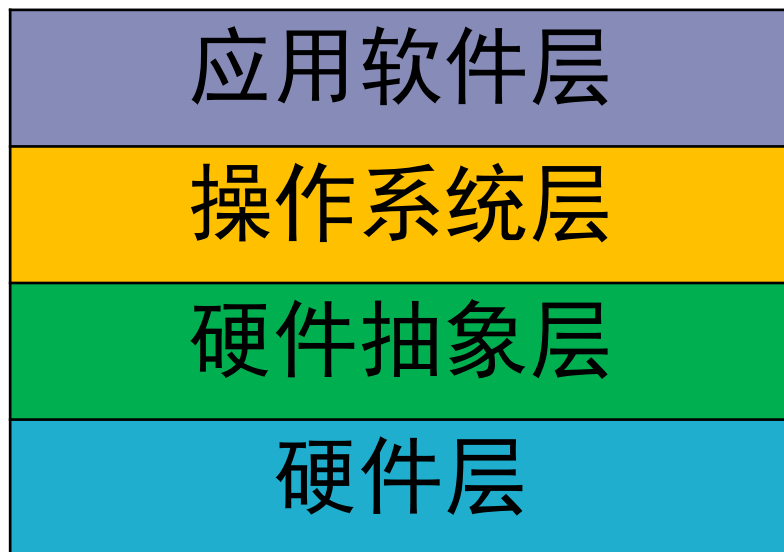


1.1.3 嵌入式系统的两种应用模式

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：

- 以计算机专业人士为主体，基于嵌入式系统软硬件平台，以网络、通信为主的嵌入式上层应用。
- 以电子技术应用工程师为主体的电子系统智能化应用

1.1.4 嵌入式系统的典型组成



典型的嵌入式系统组成结构

- ▶ 各种商用实时操作系统都采用了分层设计的方法，它将系统中与硬件直接相关的一层软件独立出来，称之为Board Support Package(板级支持软件包，简称BSP)。顾名思义，BSP 是针对某个单板而设计的，
- ▶ 它对于用户(开发者)是开放的，用户可以根据不同的硬件需求对其作改动或二次开发，

- ▶ 操作系统本身仅仅提供了CPU 内核的无关性。BSP 在系统中的角色，很相似于BIOS 在PC 统中的地位。
- ▶ BSP 在系统中所处的位置，位于硬件平台与操作系统或应用软件之间，用于屏蔽上层软件对各种硬件的相关性。

上层应用程序↵				
I/O System↵	OS Libraries↵		TCP/IP↵	...↵
OS Kernel↵				
BSP↵				
SCSI Controller↵	Serial Controller↵	Clock Timer↵	Ethernet Controller↵	...↵
硬件↵				

从学习的角度分析

层面1—构建嵌入式系统平台



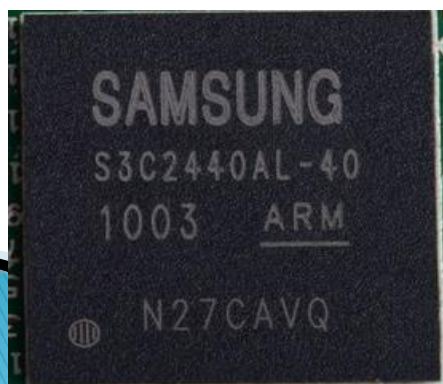
层面2—利用现成平台
但需设计新的接口驱动



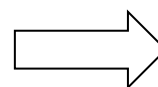
层面3—利用现成平台
完成嵌入式应用软件



- ▶ 层面1：构建嵌入式系统平台。针对这样层面的需求，需培养学生能够根据应用系统的要求来完成板级系统的集成，完成启动引导程序设计的能力，并奠定从事操作系统移植，构建软件平台的基础。

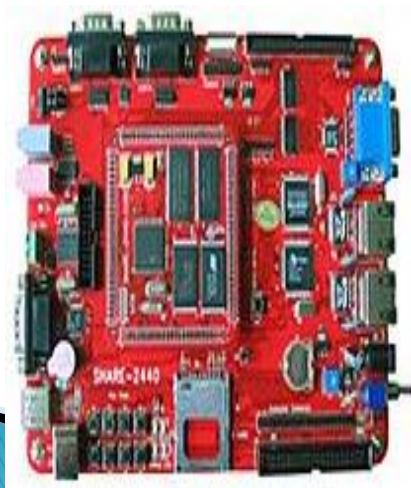


+

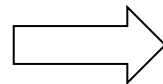


- ▶ 该层面对应的主要学习内容是“嵌入式系统原理及接口”。该内容重点学习某个具有代表性的嵌入式CPU（如ARM系列）内部寄存器结构、汇编指令系统、中断（异常）管理机制及常用的外围接口，使学生掌握嵌入式硬件平台设计的有关知识。并具有启动引导程序的设计的知识和能力。

- ▶ 层面2：利用现成平台但需设计新的接口驱动。针对这一层面的需求，需培养学生具备接口电路知识及接口驱动程序的设计能力。



+



- ◆ 该层面对应的主要内容是“嵌入式操作系统及接口驱动设计”。该内容重点学习某个具有代表性的嵌入式操作系统（如Linux或WinCE）的内核原理、I/O驱动机制及驱动程序框架，并结合具体的外围接口电路，使学生具备该接口的驱动程序设计能力，并具有操作系统裁剪能力。

- ▶ 层面3：利用现成平台完成嵌入式应用软件。针对这一层面的需求，需培养学生具备某软件平台（如：Linux或WinCE）下的应用程序开发能力。



该层面对应的学习内容是“嵌入式系统应用软件开发”。该内容重点学习某个具有代表性的嵌入式操作系统环境下的交叉编译工具、进一步需介绍该操作系统所提供的API函数及API函数的应用方法。

1.2

Part Two

嵌入式微处理器

1.2.1 嵌入式微处理器简介

(1) 微控制器

推动嵌入式计算机系统走向独立发展道路的芯片，也称单片微型计算机，简称**单片机**。由于这类芯片的作用主要是控制被嵌入设备的相关动作，因此，业界常称这类芯片为微控制器（Microcontroller Unit, MCU）。



（2）嵌入式DSP

嵌入式DSP（Embedded Digital Signal Processor, EDSP）处理器在微控制器的基础上对系统结构和指令系统进行了特殊设计，使其适合执行DSP算法并提高了编译效率和指令的执行速度。在数字滤波、FFT、谱分析等方面，DSP算法正大量进入嵌入式领域，使DSP应用从早期的在通用单片机中以普通指令实现DSP功能，过渡到采用嵌入式DSP处理器的阶段。

（3）嵌入式微处理器

嵌入式微处理器（**Embedded Microprocessor Unit, EMPU**）由通用计算机的微处理器演变而来，芯片内部没有存储器，I/O接口电路也很少。在嵌入式应用中，嵌入式微处理器去掉了多余的功能部件，而只保留与嵌入式应用紧密相关的功能部件，以保证它能以最低的资源 and 功耗实现嵌入式的应用需求。

和工业控制计算机相比，嵌入式微处理器具有体积小、重量轻、成本低、可靠性高的优点。

（4）嵌入式片上系统

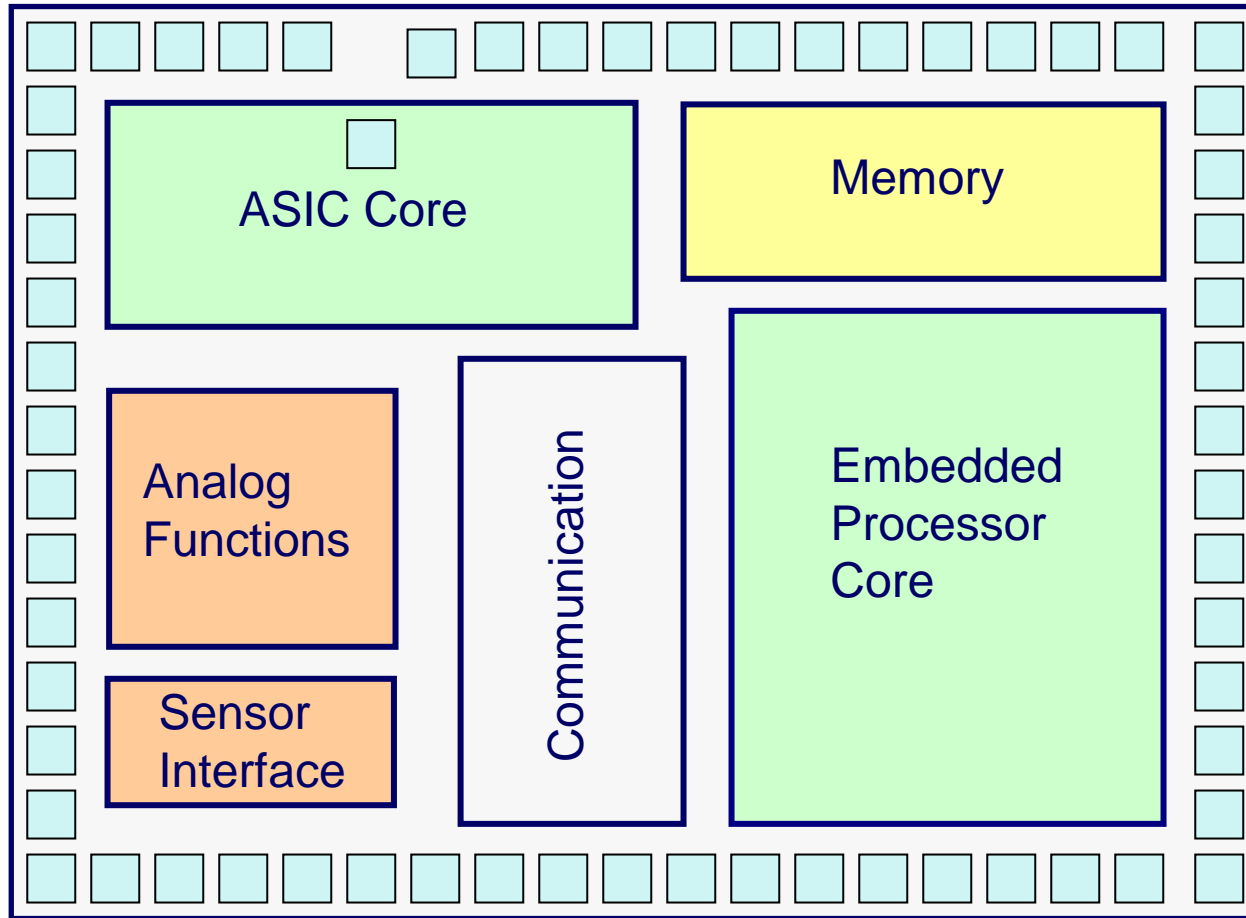
片上系统（System on a Chip, SoC）是ASIC（Application Specific Integrated Circuits）设计方法学中产生的一种新技术，是指以嵌入式系统为核心，以IP（Intellectual Property）复用技术为基础，集软、硬件于一体，并追求产品系统最大包容的集成芯片。



片上系统一般包括系统级芯片控制逻辑模块、微处理器/微控制器**CPU**内核模块、数字信号处理器**DSP**模块、嵌入的存储器模块、和外部进行通信的接口模块、含有**ADC/DAC**的模拟前端模块、电源提供和功耗管理模块等，是一个具备特定功能、服务于特定市场的软件和集成电路的混合体。

- ▶ 由于SOC往往是专用的，所以大部分都不为用户所知，如 Philips的Smart XA。Siemens的TriCore，Motorola的M-Core，某些ARM系列器件，Echelon和Motorola联合研制的Neuron芯片等。
- ▶ SOC芯片也将在声音、图像、影视、网络及系统逻辑等应用领域中发挥重要作用。

新的发展方向：SOC



1.2.2 主流嵌入式微处理器

嵌入式微处理器一般来说具有以下4个特点:

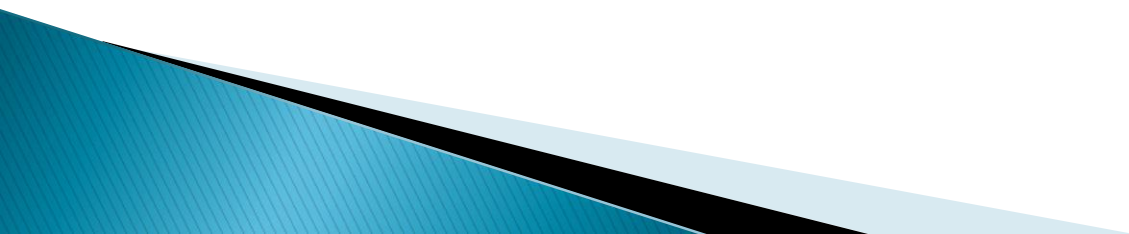
(1) **大量使用寄存器，对实时多任务有很强的支持能力**，能完成多任务并且有较短的中断响应时间，从而使内部的代码和实时内核的执行时间减少到最低限度。结构上采用**RISC**结构形式。

(2) **具有功能很强的存储区保护功能**。这是由于嵌入式系统的软件结构已模块化，而为了避免在软件模块之间出现错误的交叉作用，需要设计强大的存储区保护功能，同时也有利于软件诊断。

(3) **可扩展的处理器结构**，最迅速地扩展出满足应用的最高性能的嵌入式微处理器。如**ARM**微处理器支持**ARM (32位)** 和**Thumb(16位)**双指令集,兼容**8位/16位**器件。

(4) **小体积、低功耗、成本低、高性能**。嵌入式处理器功耗很低，用于便携式的无线及移动的计算和通信设备中,电池供电的嵌入式系统需要功耗只有**mW**甚至 **μ W**级。

主流的嵌入式微处理器体系有ARM、MIPS、PowerPC、SH、X86等



ARM是Advanced RISC Machines的缩写，它是一家微处理器行业的知名企业，该企业设计了大量高性能、廉价、耗能低的**RISC**（精简指令集）处理器。**ARM**公司的特点是只设计芯片，而不生产。它将技术授权给世界上许多著名的半导体、软件和**OEM**厂商，并提供服务。通常所说的**ARM**微处理器，其实是采用**ARM**知识产权（**IP**）核的微处理器。由该类微处理器为核心所构成的嵌入式系统已遍及工业控制、通信系统、网络系统、无线系统和消费类电子产品等各领域产品市场，**ARM**微处理器约占据了**32位RISC**微处理器**75%**以上的市场份额。

MIPS系列嵌入式微处理器。**MIPS**是由斯坦福（Stanford）大学**John Hennessy**教授领导的研究小组研制出来的，是一种**RISC**处理器。**MIPS**的意思是“无互锁流水级的微处理器”(Microprocessor without interlocked piped stages)，其机制是尽量利用软件办法避免流水线中的数据相关问题。和**ARM**公司一样，**MIPS**公司本身并不从事芯片的生产活动（只进行设计），不过其他公司如果要生产该芯片的话必须得到**MIPS**公司的许可。**MIPS**的指令集体系从最早的**MIPS I ISA**开始发展，到**MIPS V ISA**，再到现在的**MIPS32**和**MIPS64**结构，其所有版本都是与前一个版本兼容的。**MIPS32**和**MIPS64**体系是为满足高性能、成本敏感的需求而设计的。**MIPS**系列的嵌入式微处理器大量应用在通信网络设备、办公自动化设备、游戏机等消费电子产品中。

MPC/PPC(PowerPC)系列嵌入式微处理器,也是一种精简指令集(RISC)架构的中央处理器。该系列主要由Motorola(后来为freescale)和IBM推出: Motorola推出了MPC系列,如MPC8XX; IBM推出了PPC系列,如PPC4XX。MPC/PPC系列的嵌入式微处理器主要应用在通信、消费电子及工业控制、军用装备等领域。

SH（**SuperH**）系列嵌入式微处理器。SuperH 是一种性价比高、体积小、功耗低的**32位、64位RISC**嵌入式微处理器核，**SuperH** 处理器核心家族在九十年代早期由日立开始开发。它可以广泛的应用到消费电子、汽车电子、通信设备等领域。**SuperH**产品线包括**SH1、SH2、SH2-DSP、SH3、SH3-DSP、SH4、SH5及SH6**。其中**SH5、SH6**是**64位**的。

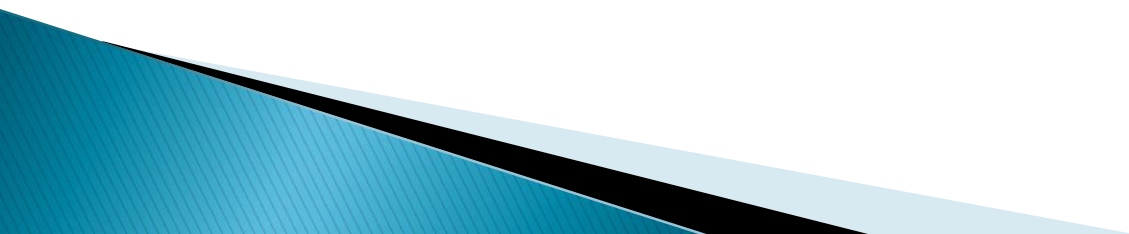
X86系列微处理器。X86系列的微处理器主要由AMD、Intel、NS、ST等公司提供，如：Am186/88、Elan520、嵌入式K6，386EX、STPC、Intel® Atom™ 系列等。主要应用在工业控制、通信等领域，而Intel推出的Atom™ 处理器则主要在移动互联网设备中得到了应用。

1.3

Part Three

嵌入式操作系统

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，它是嵌入式系统的极为重要的组成
部分，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、图形用户界
面及标准化浏览器等。与通用操作系统相比较，
嵌入式操作系统在系统实时高效性、硬件的相关
依赖性、软件固化以及应用的专用性等方面有突
出的特点。



低端应用以单片机或专用计算机为核心所构成的可编程控制器的形式存在，一般没有操作系统的支持，具有监控、伺服、设备指示等功能，带有明显的电子系统设计特点。

高端应用以嵌入式**CPU**和嵌入式操作系统及各应用软件所构成的专用计算机系统的形式存在。

嵌入式操作系统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，能运行于各种不同类型的微处理器上，具有编码体积小、面向应用、可裁剪和移植、实时性强、可靠性高、专用性强等特点，并具有大量的应用程序接口（API）。

常见的嵌入式操作系统有：嵌入式Linux、Windows CE、Symbian、Android、uC/OS-II、VxWorks等。



1.3.1 嵌入式Linux

嵌入式Linux（Embedded Linux）是指对标准Linux经过小型化裁剪处理之后，能够固化在容量只有几M甚至几十K字节的存储器或者单片机中，适合于特定嵌入式应用场合的专用Linux操作系统。

1.RT-Linux

RT-Linux（Real-Time Linux）是美国墨西哥理工学院开发的嵌入式Linux操作系统。它的最大特点就是具有很好的实时性，已经被广泛应用于航空航天、科学仪器、图像处理等众多领域。RT-Linux的设计十分精妙，它并没有为了突出实时操作系统的特性而重写Linux内核，而是把标准的Linux内核作为实时核心的一个进程，同用户的实时进程一起调度。这样对Linux内核的改动就比较小，而且充分利用了Linux的资源。

2. μ Clinux

μ Clinux (micro-Control-Linux) 继承了标准Linux的优良特性，是一个代码紧凑，高度优化的嵌入式Linux。

μ Clinux是Lineo公司的产品，是开放源码的嵌入式Linux的典范之作。编译后目标文件可控制在几百KB数量级，并已经被成功地移植到很多平台上。 μ Clinux是专门针对没有MMU的处理器而设计的，即 μ Clinux无法使用处理器的虚拟内存管理技术。 μ Clinux采用实存储器管理策略，通过地址总线对物理内存进行直接访问。

3.红旗嵌入式Linux

红旗嵌入式Linux是由北京中科红旗软件技术有限公司的产品，是国内做得较好的一款嵌入式操作系统。该款嵌入式操作系统重点支持p-Java。系统目标一方面是小形化，另一方面是能重用Linux的驱动和其它模块。红旗嵌入式Linux的主要特点有：精简内核，适用于多种常见的嵌入式CPU；提供完善的嵌入式GUI和嵌入式X-Windows；提供嵌入式浏览器、邮件程序和多媒体播放程序；提供完善的开发工具和平台。

1.3.2 Windows CE

Windows CE是微软开发的一个开放的、可升级的32位嵌入式操作系统，是基于掌上型电脑类的电子设备操作，它是精简的Windows 95。Windows CE的图形用户界面相当出色。

Win CE具有模块化、结构化和基于Win32应用程序接口以及与处理器无关等特点。

Win CE不仅继承了传统的Windows图形界面，并且在Win CE平台上可以使用Windows 95/98上的编程工具（如Visual Basic、Visual C++等），使绝大多数的应用软件只需简单的修改和移植就可以在Windows CE平台上继续使用。

1.3.3 Symbian

Symbian是一个实时性、多任务的纯32位操作系统，具有功耗低、内存占用少等特点，在有限的内存和运存情况下，非常适合手机等移动设备使用，经过不断完善，可以支持GPRS、蓝牙、SyncML、NFC以及3G技术。

1.3.4 Android

Android是一种基于Linux的自由及开放源代码的操作系统，主要使用于移动设备，如智能手机和平板电脑，由Google公司和开放手机联盟领导及开发。

Android的系统架构分为四个层，从高层到低层分别是应用程序层、应用程序框架层、系统运行库层和Linux内核层。Android 是运行于Linux 内核之上，但并不是GNU/Linux。

因为在一般GNU/Linux 里支持的功能，Android 大都没有支持，包括Cairo、X11、Alsa、FFmpeg、GTK、Pango及Glibc等都被移除掉了。Android又以Bionic 取代Glibc、以Skia 取代Cairo、再以opencore取代FFmpeg等等。Android 为了达到商业应用，必须移除被GNU GPL授权证所约束的部份，例如Android将驱动程序移到用户空间，使得Linux驱动与 Linux 内核彻底分开。

- ▶ Android具有丰富的开发组件，其中最主要的四大组件分别是：
- ▶ 活动——用于表现功能；
- ▶ 服务——后台运行服务，不提供界面呈现
- ▶ 广播接收器——用于接收广播；
- ▶ 内容提供商——支持在多个应用中存储和读取数据，相当于数据库。

Android终端



1.3.5 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$

$\mu\text{C} / \text{OS-II}$ 操作系统是一个可裁剪的、抢占式实时多任务内核，具有高度可移植性。特别适用于微处理器和微控制器，是与很多商业操作系统性能相当的实时操作系统。 $\mu\text{C} / \text{OS-II}$ 是一个源代码公开的实时嵌入式内核，其内核提供了实时系统所需要的一些基本功能。其中，包含全部功能的核心部分代码占用**8.3 KB**，全部的源代码约**5500**行，非常适合初学者进行学习分析。而且由于 $\mu\text{C} / \text{OS-II}$ 是可裁剪的，所以用户系统中实际的代码最少可达**2.7 KB**。由于 $\mu\text{C} / \text{OS-II}$ 的开放源代码特性，还使用户可针对自己的硬件优化代码，获得更好的性能。

1.3.6 VxWorks

VxWorks 操作系统是美国WindRiver公司于1983年设计开发的一种嵌入式实时操作系统（RTOS），是嵌入式开发环境的重要组成部分。良好的持续发展能力、高性能的内核以及友好的用户开发环境，使其在嵌入式实时操作系统领域占据一席之地。它以其良好的可靠性和卓越的实时性被广泛地应用在通信、军事、航空、航天等高精尖技术及实时性要求极高的领域中，VxWorks是目前嵌入式系统领域中使用最广泛、市场占有率最高的实时系统。VxWorks具有高度可靠性，高实时性，可裁减性好等十分有利于嵌入式开发的特点。

1.4

Part Four

嵌入式系统的应用领域和发展趋势

1.4.1 嵌入式系统的应用领域

嵌入式系统可应用在工业控制、交通管理、信息家电、家庭智能管理系统、物联网、电子商务、环境监测和机器人等众多方面。



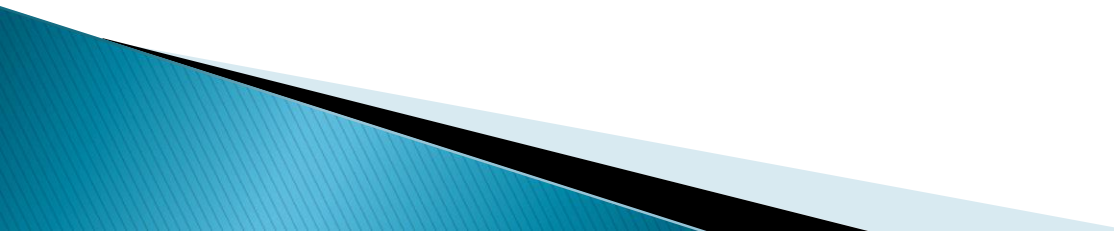
1.4.2 嵌入式系统的发展趋势

(1) 嵌入式应用的开发需要更加强大的开发工具与操作系统的支持

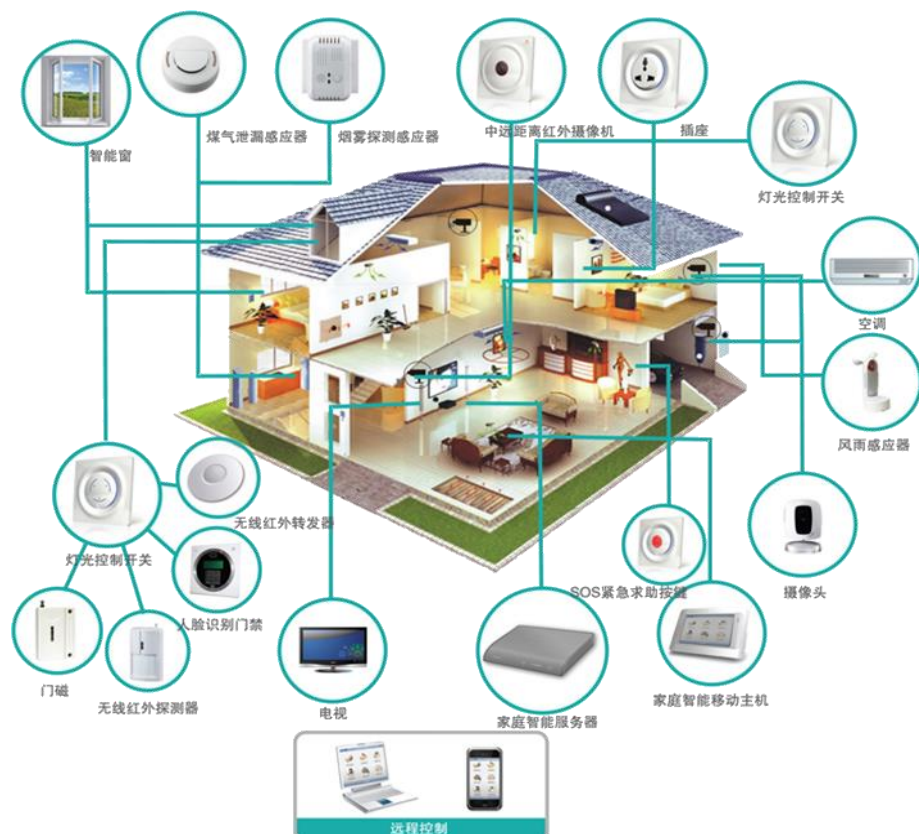
(2) 嵌入式系统与物联网的深度融合

(3) 可穿戴设备与嵌入式系统的紧密结合

(4) 更加友好的UI设计



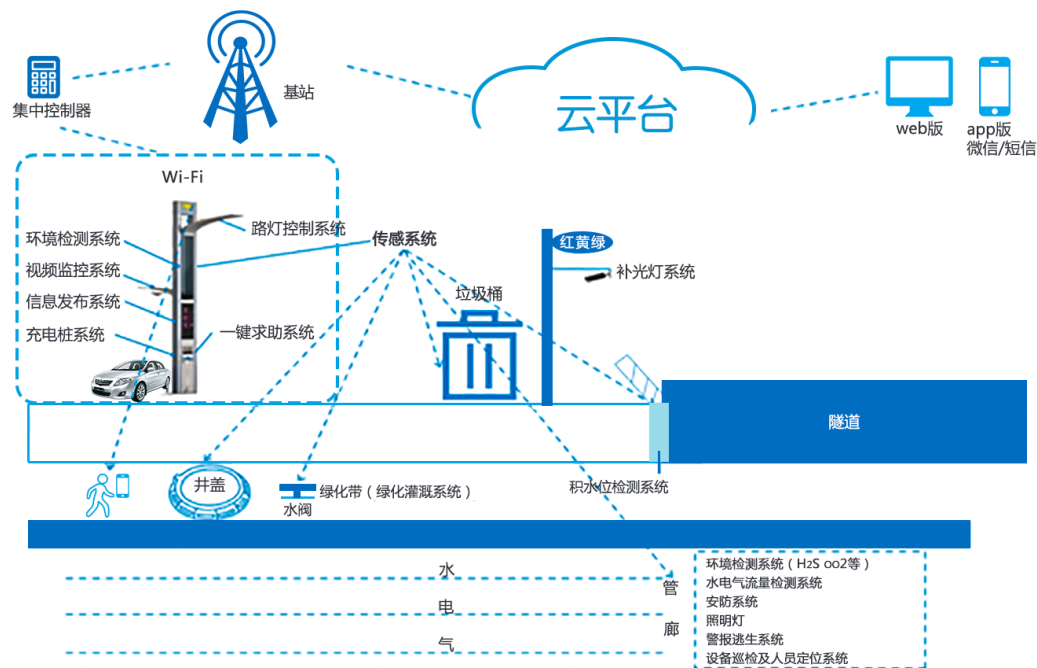
物联网典型应用案例



智能家居：人在外，家就在眼前

- **数字家庭**是以计算机技术和网络技术为基础，包括各类消费电子产品、通信产品、信息家电及智能家居等，通过不同的互连方式进行通信及数据交换,实现家庭网络中各类电子产品之间的“互联互通”的一种**服务**。
- **数字家庭的四大功能**：信息、通信、娱乐和生活。

中兴通讯智慧城市（智慧路灯）



智慧照明

照明策略管理
能耗统计分析
线缆盗割、漏电、倾斜预警

智慧感知

环境信息
大气质量
天气预报
扬尘监测

智慧WiFi

WiFi热点覆盖
无线增值业务
广告增值业务
LBS精准定位

智慧安防

视频监控
报警求助
应急广播
语音对讲
视频联动

智慧井盖

异常实时报警
运行状态扫描

智慧充电桩

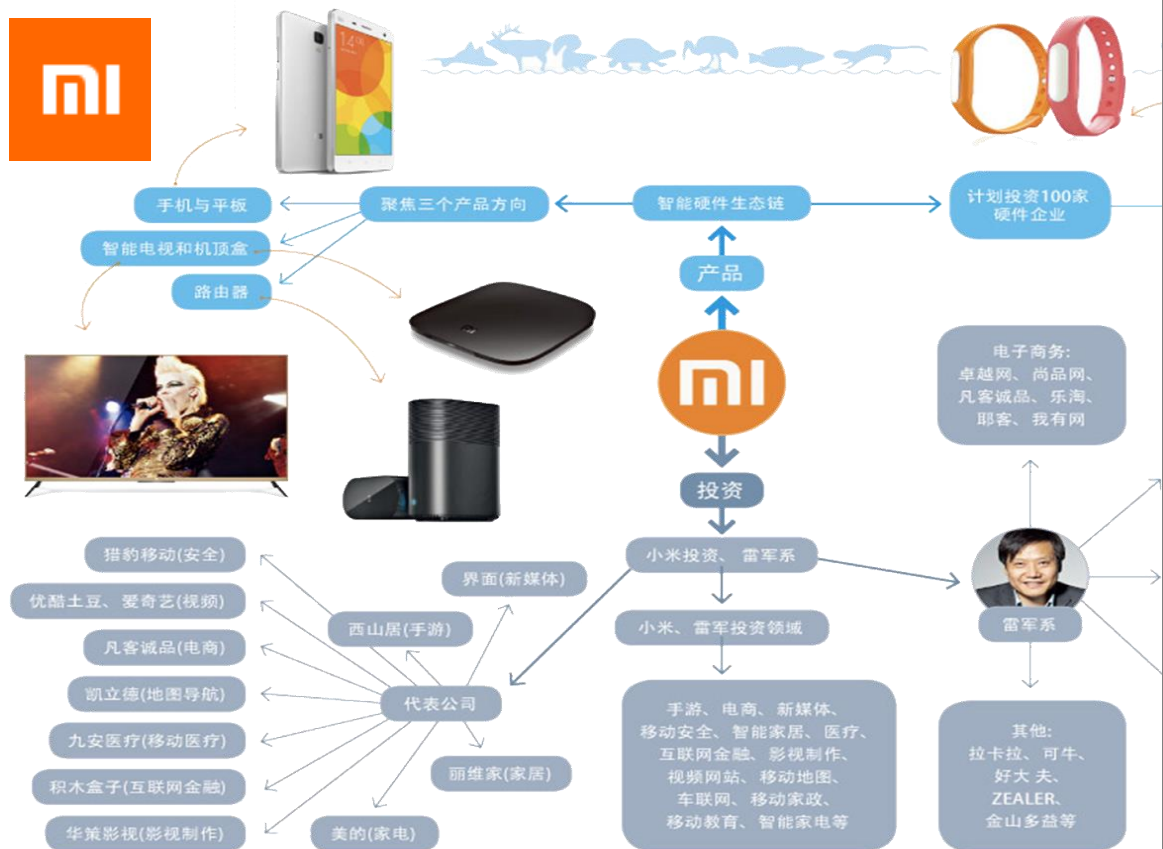
运行实时监测
故障即时预警
漏电保护、过载保护、短路保护

小米与它的智能硬件生态圈



小米生态链是一个可连接一切终端的大型硬件生态系统。目前这个生态系统的中心将由手机、电视、路由器三大产品线组成，中心不再做品类扩张，只做内容扩张。外围则负责品类的全面扩张，小米计划用投资的方式入股100家硬件公司，向其开放品牌和流量，以覆盖多数智能硬件领域。

小米与它的智能硬件生态圈



亿欧：小米智能硬件产业链公司

公司	主要产品	成立时间	总部地点
视源科技	智能白板	2015.04	北京
极智科技	汽车电子	2016.03	上海
峰米科技	智能投影机	2016.03	北京
慧其科技	教育机器人	2013.04	北京
趣睡科技	智能床垫	2014.01	成都
云道科技	折叠代步车	2013.07	杭州
青米科技	智能家居	2014.02	北京
夙源科技	全景相机	2015.04	北京
摩象科技	VR/AR	2016.05	上海
机器岛科技	儿童陪伴机器人	2016.01	南京
米物科技	智能家居	2015.12	北京
小蚁科技	可穿戴视频类产品	2014.09	上海
慕声电子科技	高品质耳机	2014.04	西安
纳恩博	平衡车	2013.09	北京
紫米电子	手机外设配件	2012.02	南京
云柚科技	无线网门铃	2014.09	杭州
绿米联创	智能家居	2009.12	深圳
蓝米科技	耳机	2009.07	东莞
云米科技	小型智能家电	2014.05	佛山
智米科技	空气净化器	2014.06	北京
华米科技	智能手环	2014.01	合肥
雷米科技	智能商用设备	2013.12	上海
创米科技	智能家居	2014.04	上海
花花草草	智能盆栽设备	2015.01	北京
睿米信息	智能车载设备	2015.01	无锡
纯米科技	智能电饭煲	2013.07	上海
爱和健康	智能健康产品	2015.09	北京
小寻科技	儿童电子产品	2015.07	上海

来源：根据公开资料整理

亿欧 (www.iyiou.com)

智能手表产业链全景图

语音控制与交互技术

- 海能达
- 科大讯飞
- 思必驰
- 共达
- 微动
- 七鑫易维
-

电池

- 丹邦科技
- 中京电子
- 德润电子
- 三星
- LG化学
- 台湾辉能
- 德泰电池
-

柔性电池方案商及著名研究机构

- 三星
- 均石能源
- LG
- 意法半导体
- 火箭电气
- PaperBattery
- BrightVolt
- 丰江电池
- 蓝星技术
- Eufucelloy
- Ultralife
-
- 美国莱斯大学
- 伊利诺伊大学
- 中国科技大学
- 美国西北大学

芯片

- BROADCOM
- ARM
- 华为
- ATMEL
- SK hynix
- 联发科技MTK
- 高通
- 北京君正
- 飞思卡尔
- Intel
- Microchip
- Silicon Labs
- 镁光科技
-

传感器

- NORDIC
- 美国模拟器件
- 敦尔声学
- 水晶光电
- 苏州固锟
- 汉威电子
- 明锐光电
- 共达电声
- 大恒科技
- 汉王科技
- 海康威视
- 国瑞电子
- 水晶光电
- 东芝
- 德州仪器

传感器算法

- SPI
- Hillcrest Labs
-

表身：316L不锈钢

- 上海宝钢
- 中国首钢
- 鞍山钢铁
- 攀枝钢铁
- 邯郸钢铁
- 广州钢铁
- 本溪钢铁
- 山西太钢
- 江苏沙钢
-

表身：7000铝合金

- 南山铝业
- 广东凤铝
- 兴发铝业
- 坚美铝业
- 亚洲铝业
- 苏州罗普斯
-

表带：316L不锈钢

- 上海宝钢
- 中国首钢
- 鞍山钢铁
- 攀枝钢铁
- 邯郸钢铁
- 广州钢铁
- 本溪钢铁
- 山西太钢
- 江苏沙钢
-

表带：氟橡胶

- 杜邦
- 3M
- 日本大金
- 比利时索维
- 3F (三爱富)
- 中吴晨光
- 东岳神州
-

操作平台

- 苹果
- 谷歌
- 微软
- 泰洋
-

云服务与大数据平台

- 阿里云
- 腾讯云
- 京东云
- 百度云
- 机智云
- 易观智库
-

开发平台

- 硬蛋
- 创客空间
- 深圳湾
- 太火鸟
-

控制与交互

电池

芯片

传感器

表身

表带

触摸屏盖板

显示屏模组

连接

按键

蓝宝石

- 奥瑞德
- 云南盛晶
- 重庆四联
- Namiki
- STC
- ASTEK
- 卢比信科技
- Honeywell
- Crystal System
- 法国圣戈班
- Monocrystal
- ATLAS
- 京都陶瓷
- Mahk
- 兆远
- 兆晶
- 晶美
- 合晶
- 中美砂晶
-

玻璃基板

- 美国康宁
- 中国南玻集团
- 日本旭硝子
- 日本电气硝子
- 东旭光电
- 彩虹集团
- 中国建材
-

OLED柔性屏

- 京东方
- 华星光电
- 鹏盛光电
- 天马
- 索尼
- 松下
- 东芝
- 三星
- LG
- 夏普
- 双叶电子
- ModisTech
- 日本先锋
- 维信诺
- 日立
- 日本显示器
- 虹视
- 彩虹
- TCL
- 宏威科技
- 创维集团
- 东方通信
- 铼宝
- 东元激光
- 发达光电
- 方正集团
-

Memory LCD

- 夏普
- 日本显示公司

墨水屏

- Eink
- 高通
- LG电子
- Pervasive
- Densitron
-

OLED材料

- 美国通用显示器
- 德国Cynora
- 莫瑞克Merck
- Polar OLED
- 奥来德
- 索尔维
- 住友化学
- LG
- DuPont
-

连接软硬件

- 环旭电子
- 中易腾达
- 晨峰微电子
- 卓翼科技
- 世平集团
- 维森通通信

连接技术

- Nordic
- TI
- 博通
- Dialog

铝合金

- 南山铝业
- 广东凤铝
- 兴发铝业
- 坚美铝业
- 亚洲铝业
- 苏州罗普斯
-

硅胶

- 深圳景益化工
- 香港大洋集团
- 深圳科安
- 美国道康宁
-

PC

- 深圳华信
- 伟拓光学
- 亿超科技
- 印象电子
-

夜光材料

- 科恒股份
- 山东伦博
- 大连路明
- 北斗特种材料
- 上海科炎光电
-

智能手表品牌商

- 苹果iWatch
- 三星Galaxy Gear
- 索尼SmartWatchMN2
- 高通Toq
- Fitbit Surge
- Pebble
- LG
- 士曼科技T-Watch
- Bong
- inWatch
- 摩托罗拉
- TicWatch
- 果壳GEAKWatch
- 宝树B-Smart
-

OEM (代工厂)

- 鸿海科技
- 广达电脑
- 仁宝电脑
- 比亚迪BYD
- 日月光集团
- 富士康
-

解决方案

- 太火鸟
- 创客科技
- 飞匠科技
- 酷动运动
-