《嵌入式系统》

（第一讲）

厦门大学信息学院软件工程系 曾文华

2024年9月3日

主讲教师：曾文华

- Mobile：18150092819
- E-mail：whzeng@xmu.edu.cn
- 微信号：xmhzwhz123
- QQ号：1020018948
- 办公室：西部片区1号楼316室

微信

QQ

1班助教：陈建峰

- **Mobile：15659268959**
- **E-mail：2277852318@qq.com**
- 微信号：**Cjf-Leon**

2班助教：孔杭扬

- Mobile： 18367136916
- E-mail： 36920231153202@stu.xmu.edu.cn
- 微信号： khy1874053835

1班课程群（微信）

- 微信群名称：嵌入式系统1班（2024年）

- 此课程群仅用于《嵌入式系统》课程的学习，请勿在微信群中发布与课程内容无关的信息！

群聊：嵌入式系统1班(2024)

该二维码7天内(9月7日前)有效，重新进入将更新

1班课程群（QQ）

- QQ群名称：嵌入式系统1班（2024年）
- QQ群号码：690632435
- 此课程群仅用于《嵌入式系统》课程的学习，请勿在微信群中发布与课程内容无关的信息！

2班课程群（微信）

- 微信群名称：嵌入式系统2班（2024年）

- 此课程群仅用于《嵌入式系统》课程的学习，请勿在微信群中发布与课程内容无关的信息！

群聊：嵌入式系统2班(2024)

该二维码7天内(9月7日前)有效，重新进入将更新

2班课程群（QQ）

- QQ群名称：嵌入式系统2班（2024年）
- QQ群号码：690520039
- 此课程群仅用于《嵌入式系统》课程的学习，请勿在微信群中发布与课程内容无关的信息！

2024—2025 学年第 1 学期课程表

专业：2022 级软件工程　　（　　人）

时	节	一	二	三	四	五
上午	1 2	实用操作系统 1 班 李贵林 西部 面向对象分析与设计 卓班 邱明 西部	嵌入式系统 曾文华 1 班 西部片区 2号楼108 软件工程导论 林坤辉 2 班 学武楼 双周	面向对象分析与设计 2 班 邱明 西部片区 2 号楼 实用操作系统 1 班 李贵林 单周：西部片区 4 号楼 双周 嵌入式系统 卓班 张海英 30 人 双周：西部片区 4 号楼	软件工程导论 1 班 林坤辉 卓越班 王美红 双周	JavaEE 平台技术 2 班 邱明 西部片区 2 号楼 108
	3 4	实用操作系统 2 班 李贵林 西部 面向对象分析与设计 1 班 邱明 嵌入式系统 张海英 卓班	软件工程导论 1 班 林坤辉 卓班 王美红 学武楼	面向对象分析与设计 卓班 邱明 西部片区 2 号楼 实用操作系统 2 班 李贵林 单周：西部片区 4 号楼 双周： 嵌入式系统 曾文华 1 班 双周：西部片区 4 号楼 301	软件工程导论 2 班 林坤辉 卓班 王美红 双周 .Net 平台技术 赵江声 单周实验：西部片区 4 号楼	JavaEE 平台技术 1 班 邱明 西部片区 2 号楼 108 数据仓库 王鸿吉 双周：西部片区 4 号楼
下午	5 6	实用操作系统 卓越班 李贵林 面向对象分析与设计 2 班 邱明	嵌入式系统 曾文华 2 班 学武楼B504	面向对象分析与设计 1 班 邱明 嵌入式系统 曾文华 2 班 双周：西部片区 4 号楼 301	实用操作系统 李贵林 卓班 单周：文宣楼机房 双周：学武楼教室	JavaEE 平台技术 2 班 邱明 双周：西部片区 4 号楼 .Net 平台技术 赵江声

上课、实验时间（1班）

- 上课：
  - 周二（每周）上午1-2节（8:00-9:40）
  - 地点：西部片区2号楼108

- 实验：
  - 周三（双周）上午3-4节（10:10-11:50）
  - 地点：西部片区4号楼301

上课、实验时间（2班）

- 上课：
  - 周二（每周）下午1-2节（14:30-16:10）
  - 地点：学武楼（1号楼）B504

- 实验：
  - 周三（双周）下午1-2节（14:30-16:10）
  - 地点：西部片区4号楼301

主教材

- 《嵌入式系统原理与设计（第2版）》，陈文智、王总辉 主编，清华大学出版社，2017年3月第2版， ISBN：9787302460787

陈文智，男，教授，博士生导师，浙江大学信息技术中心主任。IEEE/ACM会员，ACM SIGCSE副主席，教育部教育管理信息化专家组副组长，中国城市科学研究会数字城市专委会智慧校园学组组长，内蒙古科学与大数据学会专家委员会主任兼智库首席科学家，浙江省新世纪151人才培养，浙江省计算机教育研究会常务理事，浙江省信息安全行业协会副秘书长，浙江省信息安全产业技术创新战略联盟常委理事，中国教科网浙江省主节点主任，浙江省5G产业联盟常务副理事长，浙江省下一代互联网产业技术联盟副理事长，担任多个学术期刊审稿专家，多个国际会议程序委员会委员。

主要参考书

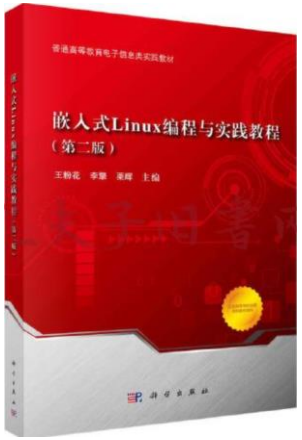
① 《嵌入式Linux编程与实践教程（第2版）》，王粉花、李擎、栗辉 主编，科学出版社，2021年11月，ISBN：9787030703095

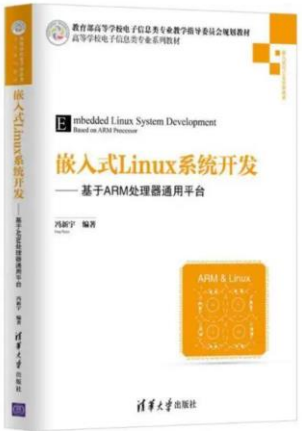
② 《嵌入式Linux系统开发——基于ARM处理器通用平台》，冯新宇 编著，清华大学出版社，2017年11月，ISBN：9787302482192

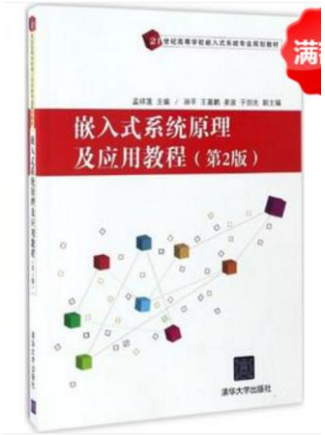
③ 《嵌入式系统原理及应用教程（第2版）》，孟祥莲 主编，清华大学出版社，2017年3月，ISBN：9787302459392

④ 《嵌入式系统接口设计与Linux驱动程序开发》，刘淼 编著，北京航空航天大学出版社，2006年5月，ISBN：9787810778617（FTP上有电子版）

⑤ 《嵌入式系统设计与应用开发》，郑灵翔 等 编著，北京航空航天大学出版社，2006年2月，ISBN：9787810777467







课件下载

- Ftp：121.192.180.236
- User Name：student
- Password：ILoveSoftware!
- Port：21

- /教学课件/曾文华/嵌入式系统（2024下半年）/上课课件
- /教学课件/曾文华/嵌入式系统（2024下半年）/实验课件
- /教学课件/曾文华/嵌入式系统（ 2024下半年）/实验软件
- /教学课件/曾文华/嵌入式系统（2024下半年）/实验程序
- /教学课件/曾文华/嵌入式系统（2024下半年）/参考资料

上传作业（实验报告）（1班）

- **Ftp：121.192.180.236**
- **User Name：student**
- **Password：ILoveSoftware!**
- **Port：21**

- **/上传作业/曾文华/嵌入式系统（2024下半年）/作业/1班/第X次作业**

- **/上传作业/曾文华/嵌入式系统（2024下半年）/实验/1班/第X次实验**

- 作业文件名取“学号_姓名_第X次作业.pptx”

- 实验报告文件名取“学号_姓名_第X次实验.docx”

上传作业（实验报告）（2班）

- Ftp：121.192.180.236
- User Name：student
- Password：ILoveSoftware!
- Port：21

- /上传作业/曾文华/嵌入式系统（2024下半年）/作业/2班/第X次作业

- /上传作业/曾文华/嵌入式系统（2024下半年）/实验/2班/第X次实验

- 作业文件名取“学号_姓名_第X次作业.pptx”

- 实验报告文件名取“学号_姓名_第X次实验.docx”

课程性质、目的与任务

- 课程性质：学科或专业方向性课。
- 课程目的：本课程比较全面地介绍了嵌入式系统的概论与其组成部分，并从软件工程的角度出发阐述了嵌入式系统的开发流程和开发方法，着重讲述了嵌入式处理器、外围接口和嵌入式操作系统。
- 课程任务：通过本课程的学习，可以使学生掌握嵌入式系统软件设计与通用软件设计的差异，具备嵌入式系统硬件和软件两个方面设计与实现的能力。
- 课程编码：**SENG1003.01**
- 学分/周学时：**2**学分 **/**（**2+1**）学时

教学基本要求

- 要求学生掌握嵌入式系统的基本概念，掌握嵌入式系统各个组成部分的工作原理、逻辑实现和设计方法，培养学生具备设计与实现嵌入式系统及其组成部分的能力。

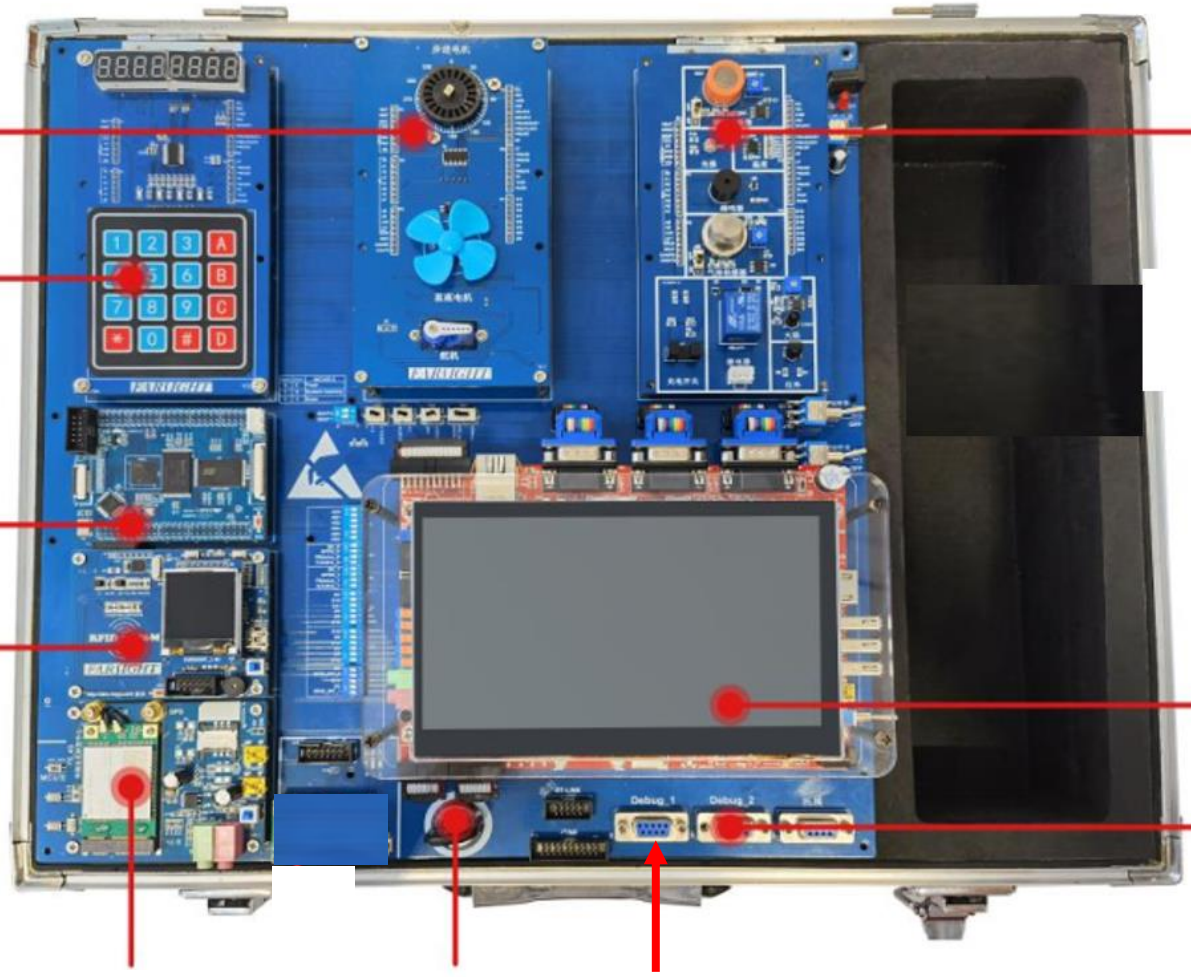
- **ARM微处理器：RK3399（ARM Cortex-A72内核）、STM32（ARM Cortex-M4内核）**

- **I/O接口：LED灯、按键、蜂鸣器、小键盘、数码管、直流电机、步进电机、陀机、继电器、光电开关、红外遥控、A/D转换、温度传感器、酒精传感器、光强传感器、火焰传感器、气体传感器、RFID、5G、GPS等**

- **软件环境：Linux系统（Ubuntu）、Android系统（Android Studio）、无操作系统（MDK 5，Microcontroller Development Kit）**

- **编程语言：ARM汇编、C、C++、Java**

北京华清远见公司嵌入式系统综合实验箱（FS3399M4）



教学大纲、教学进度表

- 共17周：15次上课、8次实验（中秋节、国庆节放假，少上2次课）

厦门大学本科课程教学大纲

课程名称	嵌入式系统		
英文名称	Embedded System		
课程编号	SENG 3155.02	学分/周学时	2/2+1
课程类型	学科或专业方向性课		
先修课程	C语言程序设计、汇编语言、计算机组成原理、操作系统		
选用教材	《嵌入式系统原理与设计（第2版）》，陈文智、王总辉 主编，清华大学出版社，2017年3月第2版（ISBN：9787302460787）		
主要参考书	1、《嵌入式Linux编程与实践教程（第2版）》，王粉花、李擎、栗辉 主编，科学出版社，2021年11月，ISBN: 9787030703095 2、《嵌入式Linux系统开发——基于ARM处理器通用平台》，冯新宇，清华大学出版社，2017年11月，ISBN：9787302482192 3、《嵌入式系统原理及应用教程（第2版）》，孟祥莲 主编，清华大学出版社，2017年3月， ISBN：9787302459392 4、《嵌入式系统接口设计与Linux驱动程序开发》，刘淼 编著，北京航空航天大学出版社，2006年5月， ISBN：9787810778617（FTP上有电子版） 5、《嵌入式系统设计与应用开发》，郑灵翔 等 编著，北京航空航天大学出版社，2006年2月，ISBN：9787810777467		

一、课程性质、目的与任务

《嵌入式系统》是软件工程专业的一门专业方向课程。本课程比较全面地介绍了嵌入式系统的概论与其组成部分，并从软件工程的角度出发阐述了嵌入式系统的开发流程和开发方法；着重讲述了嵌入式处理器、外围接口和嵌入式操作系统。通过本课程的学习，可以使学生掌握嵌入式系统软件与通用软件设计的差异，具备硬件和软件两个方面设计与实现能力。

厦门大学信息学院

教 学 进 度 表

（2024—2025 学年第 1 学期）

课程名称 嵌入式系统　　总学时 32 + 16　　学分 2

专业、年级 软件工程、2022 级　　任课教师 曾文华

各章节教学内容纲要	教学形式	时间安排	主讲人	备注
第 1 章：嵌入式系统概述（包括：嵌入式系统简介、嵌入式处理器、嵌入式操作系统、嵌入式系统设计）	课程讲授	2024 年 9 月 3 日（单周二）	曾文华	第一周
第 2 章：ARM 处理器和指令集（包括：ARM 处理器简介、ARM 指令集简介、ARM 指令的寻址方式、ARM 指令简介、Thumb 指令简介）	课程讲授	2024 年 9 月 10 日（双周二）	曾文华	第二周
第 1 次实验：STM32 实验	实验	2024 年 9 月 11 日（双周三）	曾文华	第二周
中秋节放假	中秋节放假	2024 年 9 月 17 日（单周二）	中秋节放假	第三周
第 3 章：嵌入式 Linux 操作系统（包括：嵌入式 Linux 简介、内存管理、进程管理、文件系统）	课堂讲授	2024 年 9 月 24 日（双周二）	曾文华	第四周
第 2 次实验：ARM 裸机实验	实验	2024 年 9 月 25 日（双周三）	曾文华	第四周
国庆节放假	国庆节放假	2024 年 10 月 1 日（单周二）	国庆节放假	第五周

课程考核方法

- 平时成绩：30%
  - 课堂出勤情况（10%）
  - 作业提交及完成情况（20%）

- 实验成绩：30%
  - 实验出勤情况（10%）
  - 实验报告提交及完成情况（20%）

- 期末考试（闭卷）：40%

前言

- 全书包括上篇（原理部分）和下篇（实验部分，不讲）
  - 上篇（原理部分）共分为13章（增加第14章）：

    第1章：嵌入式系统概述

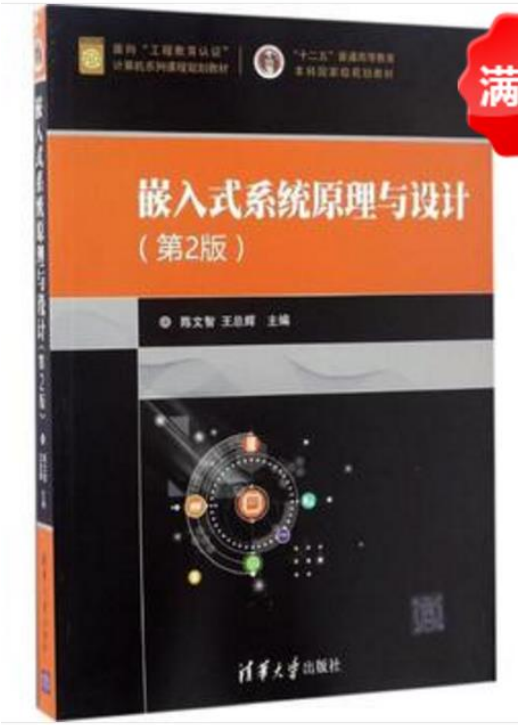
    第2章：ARM处理器和指令集

    第3章：嵌入式Linux操作系统

    第4章：嵌入式软件编程技术

    第5章：开发环境和调试技术

    第6章：Boot Loader技术



第7章：ARM Linux内核

第8章：文件系统

第9章：设备驱动程序设计基础

第10章：字符设备和驱动程序设计

第11章：块设备和驱动程序设计

第12章：网络设备驱动程序开发

第13章：嵌入式GUI及应用程序设计

增加　第14章：Android操作系统

实验部分

- 第1次实验：STM32验证实验（安装MDK开发环境，运行STM32实验样例：LED灯、蜂鸣器、小键盘控制直流电机、陀机、步进电机、串口通信、查询方式按键、中断方式按键、继电器、定时器、小键盘/数码管、ADC模数转换、红外遥控器接收、温度采集、光电开关等）

- 第2次实验：ARM裸机验证实验（安装Ubuntu开发环境，运行ARM裸机实验样例： LED灯、呼吸灯、蜂鸣器、查询方式按键、中断方式按键、串口通信、ADC模数转换、温度采集、定时器、看门狗等）

- 第3次实验：STM32、ARM裸机设计实验

- 第4次实验：Linux驱动与应用验证实验（烧写实验箱的Linux系统，运行Linux驱动与应用实验样例： LED灯、呼吸灯、蜂鸣器、按键、ADC信号采集、温度采集、光电开关、直流电机、陀机、步进电机、小键盘/数码管、RS485、CAN总线等）

- 第5次实验： Linux驱动与应用设计实验

- 第6次实验：Qt验证实验（烧写实验箱的Qt系统，运行Qt实验样例： LED灯、按键、蜂鸣器、ADC模数转换、温度采集、光电开关、直流电机、步进电机、陀机、小键盘/数码管、RFID、5G模块等）

- 第7次实验：Android验证实验（烧写实验箱的Android系统，安装Android Studio开发环境，运行Android实验样例：Hello World、LED灯、温度采集、串口通信等）

- 第8次实验：Qt、Android设计实验

第1章　嵌入式系统概述

- 1.1　嵌入式系统简介
- 1.2　嵌入式处理器
- 1.3　嵌入式操作系统
- 1.4　嵌入式系统设计

1.1 嵌入式系统简介

1.1.1 嵌入式系统历史与现状
1.1.2 嵌入式系统体系结构
1.1.3 应用领域和发展方向

- **1.1.1 嵌入式系统历史与现状**

  - 20世纪70年代的单片机（嵌入式系统的前身）

  - 嵌入式系统发展的4个阶段：
    ① 无操作系统阶段
    ② 简单操作系统阶段
    ③ 实时操作系统阶段（实时多任务操作系统）
    ④ 面向Internet阶段（嵌入式设备与Internet紧密结合）

- **1.1.2 嵌入式系统体系结构**

  - 嵌入式系统的定义
    - 嵌入式系统是用来控制或者监视机器、装置、工厂等大规模设备的系统。
    - 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，适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的专用计算机系统。

  - 嵌入式系统体系结构（嵌入式系统的组成）

    ① 嵌入式硬件平台
    - 嵌入式处理器（CPU）
    - 嵌入式外围设备（存储器 + I/O）

    ② 嵌入式操作系统（Linux、Android）

    ③ 嵌入式应用软件

- 嵌入式计算机系统与通用计算机系统（PC）的区别：

① 嵌入式系统通常是面向特定应用的；

② 嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术和电子技术与各个行业的具体应用相结合后的产物；

③ 嵌入式系统的硬件和软件都必须高效地设计，量体裁衣，去除冗余；

④ 嵌入式系统和具体应用有机结合在一起，它的升级换代也是和具体产品同步进行；

⑤ 为了提高执行速度和系统可靠性，嵌入式系统中的软件一般都固化在存储器芯片或单片机本省中，而不是存储于磁盘等载体中；

⑥ 嵌入式系统本省不具备自主开发能力，即使设计完成以后用户通常也是不能对其中的程序功能进行修改的，必须有一套开发工具和环境才能进行开发。

• 1.1.3 应用领域和发展方向

- 后PC时代：嵌入式产品

- 嵌入式系统的应用领域：
  ① 信息电器（智能家电等）；
  ② 移动计算设备（手机、PDA等）；
  ③ 网络设备（路由器、交换机、网络接入设备等）；
  ④ 工控、仿真、医疗仪器等。

- 嵌入式系统的发展方向：
  ① 硬件平台多样性和应用个性化；
  ② 强大的网络和多媒体处理能力；
  ③ 易用的界面和丰富的应用功能；
  ④ 运用无线网络通信技术。

1.2 嵌入式处理器

1.2.1 嵌入式处理器简介
1.2.2 ARM处理器的应用领域及一般特点
1.2.3 ARM处理器系列

• 1.2.1 嵌入式处理器简介

- 嵌入式处理器的分类：

① 嵌入式微处理器：Embedded MicroProcessor Unit，EMPU，如ARM系列嵌入式微处理器

RK3399

② 嵌入式微控制器（单片机）：MicroController Unit，MCU，如8051单片机

STM32

③ 嵌入式DSP处理器（DSP）：Embedded Digital Signal Processor unit，EDSP，数字信号处理器（DSP）

④ 嵌入式片上系统（SoC）：System on Chip，将整个嵌入式系统硬件（嵌入式处理器 + 嵌入式外围设备）集成在一个芯片上

- **1.2.2 ARM处理器的应用领域及一般特点**

  - **ARM：Advanced RISC Machines**

  - **ARM公司：1991年成立于英国剑桥，32位嵌入式RISC微处理器业界的领先IP核供应商，ARM公司本身不生产芯片，而是通过转让设计方案由合作伙伴生产各具特色的芯片。**

  - **ARM商品模式的强大之处在于它在世界范围有超过100个的合作伙伴(Partners)。ARM 是设计公司，本身不生产芯片。采用转让许可证制度，由合作伙伴生产芯片。**

  - **IP（Intellectual Property）核就是知识产权核或知识产权模块的意思。**

RISC、CISC

- RISC 的英文全称为“Reduced Instruction Set Computer”，中文即“精简指令集计算机”。RISC构架的指令格式和长度通常是固定的（如ARM是32位的指令）、且指令和寻址方式少而简单、大多数指令在一个周期内就可以执行完毕。

- CISC（Complex Instruction Set Computer）即“复杂指令集计算机”，在20世纪90年代前被广泛的使用，其特点是通过存放在只读存储器中的微码（microcode）来控制整个处理器的运行。

IP核

- IP（Intellectual Property）核就是知识产权核或知识产权模块的意思，在EDA技术开发中具有十分重要的地位。美国著名的Dataquest咨询公司将半导体产业的IP定义为“用于ASIC或FPGA中的预先设计好的电路功能模块”。IP主要分为软IP、固IP和硬IP。软IP是用Verilog/VHDL等硬件描述语言描述的功能块，但是并不涉及用什么具体电路元件实现这些功能。固IP是完成了综合的功能块。硬IP提供设计的最终阶段产品——掩膜。

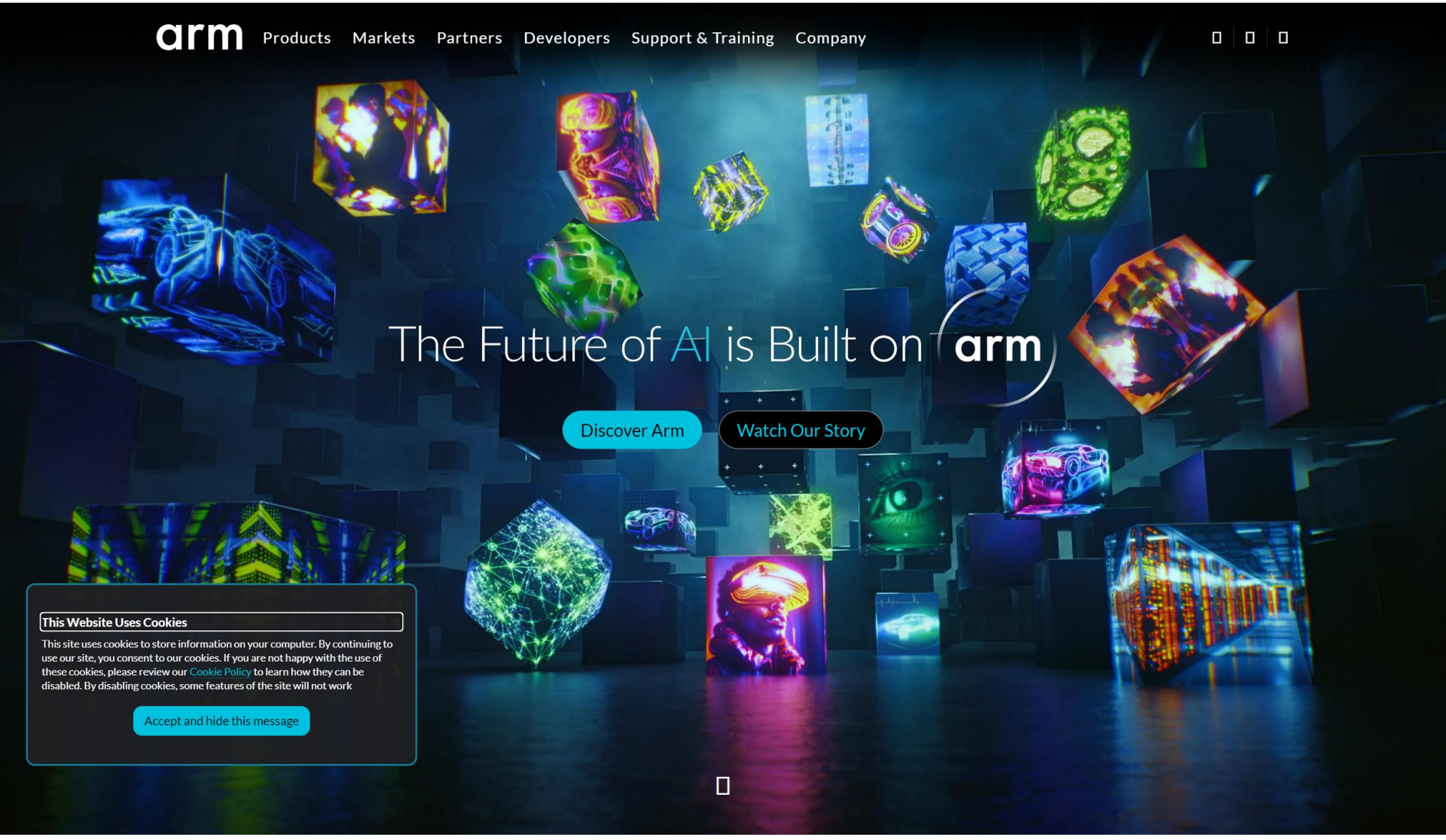
ARM公司

- ARM公司是全球领先的半导体知识产权(IP)提供商，并因此在数字电子产品的开发中处于核心地位。ARM公司的总部位于英国剑桥，它拥有1700多名员工，在全球设立了多个办事处，其中包括比利时、法国、印度、瑞典和美国的设计中心。
  - 全球领先的半导体IP公司
  - 成立于1990年
  - 到目前为止已销售了超过150亿枚基于ARM的芯片
  - 向200多家公司出售了600个处理器许可证
  - 获得了所有基于ARM的芯片的版税
  - 赢得了长期成长型市场的市场份额
  - ARM的收益增速通常要比整个半导体行业快

- ARM的商业模式主要涉及IP的设计和许可，而非生产和销售实际的半导体芯片。我们向合作伙伴网络（包括世界领先的半导体公司和系统公司）授予IP许可证。这些合作伙伴可利用ARM的IP设计创造和生产片上系统设计，但需要向ARM支付原始IP的许可费用并为每块生产的芯片或晶片交纳版税。除了处理器IP外，我们还提供了一系列工具、物理和系统IP来优化片上系统设计。

- 正因为ARM的IP多种多样以及支持基于ARM的解决方案的芯片和软件体系十分庞大，全球领先的原始设备制造商(OEM)都在广泛使用ARM技术，应用领域涉及手机、数字机顶盒以及汽车制动系统和网络路由器。当今，全球95%以上的手机以及超过四分之一的电子设备都在使用ARM技术。

https://www.arm.com/



- **ARM处理器的应用领域：**
  ① 工业控制领域；
  ② 无线通信领域；
  ③ 网络应用；
  ④ 消费类电子产品；
  ⑤ 成像和安全产品。

- **采用RISC架构的ARM处理器的特点：**
  ① 体积小、低功耗、低成本、高性能；
  ② 支持Thumb（16位）/ARM（32位）双指令集，能很好的兼容8位/16位器件（外围设备器件）；
  ③ 大量使用寄存器，指令执行速度更快；
  ④ 大多数数据操作都在寄存器中完成；
  ⑤ 寻址方式灵活简单，执行效率高；
  ⑥ 指令长度固定。

- **1.2.3 ARM处理器系列**

  - **32位RISC处理器、 64位RISC处理器**

  - **ARM系列处理器的家族：**
    - **ARM1、ARM2、ARM3、…、ARM11、ARM Cortex**

  - **ARM系列处理器的架构（体系结构版本）：**
    - **v1、v2、……、v7**

  - **ARM系列处理器的内核（核心）：**
    - **ARM1、ARM2、……、ARM7TDMI、…、ARM920T、…、ARM Cortex-A、ARM Cortex-R、ARM Cortex-M、Cortex-X**

家族	架构	内核	特色	高速缓存 (I/D)/MMU	常规 MIPS于MHz	应用
ARM1	ARMv1	ARM1		无		
ARM2	ARMv2	ARM2	Architecture 2 加入了MUL（乘法）指令	无	4 MIPS @ 8MHz	Acorn Archimedes，Chessmachine
	ARMv2a	ARM250	Integrated （完整的）MEMC (MMU)，图像与IO处理器。Architecture 2a 加入了SWP和SWPB（置换）指令。	无，MEMC1a	7 MIPS@ 12MHz	Acorn Archimedes
ARM3	ARMv2a	ARM2a	首次在ARM架构上使用处理器高速缓存	均为4K	12 MIPS @ 25 MHz	Acorn Archimedes
ARM6	ARMv3	ARM610	v3 架构首创支援寻址32位的内存（针对26位）	均为4K	28 MIPS @ 33 MHz	Acorn Risc PC 600，Apple Newton
ARM7TDMI	ARMv4T	ARM7TDMI(-S)	三级流水线	无	15 MIPS @ 16.8 MHz	Game Boy Advance，Nintendo DS，iPod
		ARM710T		均为8KB, MMU	36 MIPS @ 40 MHz	Acorn Risc PC 700，Psion 5 series，Apple eMate 300
		ARM720T		均为8KB, MMU	60 MIPS @ 59.8 MHz	Zipit
		ARM740T		MPU		

家族	架构	内核				
ARM11	ARMv6	ARM1136J(F)-S	SIMD, Jazelle DBX, (VFP)，八级流水线	可变动，MMU	从 350 MHz 到 1 GHz	Nokia N93，Zune，Nokia N800
	ARMv6T2	ARM1156T2(F)-S	SIMD, Thumb-2, (VFP)，九级流水线	可变动，MPU		
	ARMv6KZ	ARM1176JZ(F)-S	SIMD, Jazelle DBX, (VFP)	可变动，MMU +TrustZone		
	ARMv6K	ARM11 MPCore	1-4核对称多处理器，SIMD, Jazelle DBX, (VFP)	可变动，MMU		
Cortex	ARMv7-A	Cortex-A8	Application profile, VFP, NEON, Jazelle RCT, Thumb-2, 13-stage pipeline	可变动 (L1+L2), MMU+TrustZone	up to 2000（2.0 DMIPS/MHz 从600 MHz到超过1 GHz的速度）	Texas Instruments OMAP3
	ARMv7-R	Cortex-R4(F)	Embedded profile, (FPU)	可变动高速缓存，MMU可选配	600 DMIPS	Broadcomis a user
	ARMv7-M	Cortex-M3	Microcontroller profile	无高速缓存，(MPU)	120 DMIPS @ 100MHz	Luminary Micro[3] 微控制器家族

- **ARM处理器的典型产品：**
  - **ARM 7系列：**
    - **ARM7TDMI**
      - **S3C44B0X**
  - **ARM 9系列**
    - **ARM9TDMI**
      - » **ARM920T**
        - **S3C2410**
  - **Intel XScale系列**
    - **ARMV5TE指令集**
      - » **PXA系列：用于手持和无线设备**
        - **PXA255**
        - **PXA270**

S3C44B0X

- **S3C44B0X**是三星公司针对嵌入式系统推出高性价比微处理器，它是基于**ARM7TDMI**内核的16/32位RISC处理器，工作主频为66MHz。为了降低成本和节约产品开发周期，S3C44BO0X提供了丰富的内置部件，包括：内部SRAM，LCD控制器，8通道10位ADC，IIC总线接口，IIS总线接口等。

S3C2410

- **S3C2410**处理器是Samsung公司基于ARM公司的**ARM920T**处理器核，采用FBGA封装，采用0.18um制造工艺的32位微控制器。该处理器拥有：独立的16KB指令Cache和16KB数据Cache，MMU，支持TFT的LCD控制器，NAND闪存控制器，3路UART，4路DMA，4路带PWM的Timer ，I/O口，RTC，8路10位ADC，Touch Screen接口，IIC-BUS 接口，IIS-BUS 接口，2个USB主机，1个USB设备，SD主机和MMC接口，2路SPI。S3C2410处理器最高可运行在203MHz。

PXA255

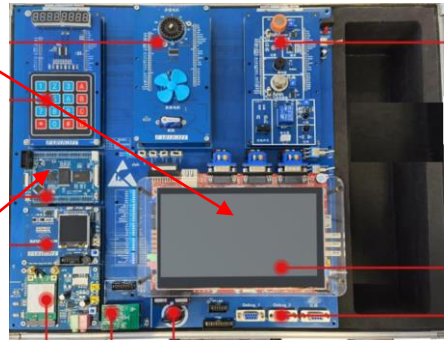
- Intel Xscale PXA255处理器是新一代的嵌入式处理器，基于ARMv5TE体系结构的微处理器，性价比较高、功耗较低，适合于数字移动电话、个人数字助理、网络路由器等嵌入式系统的应用。

PXA270

- 英特尔公司于2003年底推出了性能最为强劲的PXA27x系列嵌入式处理器，PXA27x系列嵌入式处理器基于ARMv5E的Xscale核心，最高频率可达624MHz。PXA270更适合传统PDA，手持PC，平板电脑，智能手机市场。它最初出现在PDA(比如惠普HP4700)和智能手机(如MOTO E680)上。因此它的扩展接口相当丰富，扩展接口有SD/SDIO/MMC、CF/PCMCIA、CMOS/CCD CAMERA、蓝牙、USB1.1、OTG等。

• ARM处理器的典型产品（续）：

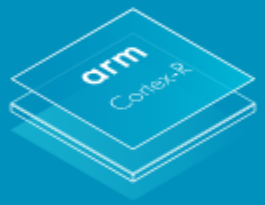
- ARM Cortex-A
  - ARM v8.2-A架构
    - Cortex-A72：RK3399（实验箱的MPU）
    - Cortex-A725（最新）



- ARM Cortex-R
  - ARM v8-R架构
    - Cortex-R82AE（最新）

- ARM Cortex-M
  - ARM v8-M架构
    - Cortex-M4：STM32F407（实验箱的MCU）
    - Cortex-M85（最新）

ARM Cortex

Cortex-A	Cortex-R	Cortex-M
		
Highest Performance	Real-Time Processing	Lowest Power, Lower Cost
Supreme performance at optimal power	Reliable mission-critical performance	Powering the most energy efficient embedded devices

ARM Cortex-A系列

- Cortex-A系列又称“高性能处理器”（Highest Performance），它是面向移动计算如智能手机、平板电脑和服务器市场定制的高端处理器内核，支持了包括Linux、Android、Windows和iOS等系统必须的内存管理单元（MMU），而且也是与我们平时接触最为密切的存在。

- Cortex-A系列面向尖端的基于虚拟内存的操作系统和用户应用。

- Cortex-A5、……、Cortex-A53、……、Cortex-A72、……、Cortex-A725

RK3399（实验箱的MPU）

- RK3399 是瑞芯微公司推出的一款 64 位六核处理器，采用 ARM big.LITTLE 架构，其中包括两个 Cortex-A72 核心和四个 Cortex-A53 核心，运行速度最高可以达到 2.0GHz。在图形处理方面， RK3399 集成了 MaliT860MP4 GPU，支持 OpenGL ES1.1/2.0/3.0/3.1, OpenCL, DirectX11 和 AFBC 等多种图形处理接口。同时，它还支持 4K H.265/H.264 硬解码和 1080P H.264 硬编码，能够满足高清视频播放、人工智能、机器人控制、智能家居等多种应用场景的需求。

- RK3399 还集成了多种接口和功能，如 USB3.0、 PCIe、 HDMI 2.0、 DP 1.2 等，可以方便地与其他设备进行连接和通讯。同时，它还支持双路 MIPI CSI 输入，最高支持 13MP 的图像传感器。在功耗方面， RK3399 采用了先进的 28nm 工艺制程和大量优化，能够实现低功耗和高性能的平衡。此外，它还支持多种省电技术，如 DVFS、 CPU 低功耗模式和各种 I/O 接口的睡眠模式等，使得 RK3399 适用于一些需要长时间运行的嵌入式系统和移动设备。

瑞芯微电子股份有限公司

- 瑞芯微电子股份有限公司成立于 2001 年，总部位于福州，在深圳、上海、北京、杭州、香港设有分/子公司，专注于集成电路设计与研发，目前已发展为领先的物联网（IoT）及人工智能物联网（AIoT）处理器芯片企业。

- 瑞芯微拥有一支以系统级芯片、模拟电路芯片设计和算法研究为特长的研发团队，在处理器和数模混合芯片设计、多媒体处理、影像算法、系统软件开发上具有丰富的经验和技术储备。瑞芯微主要产品除各类型处理器芯片外，还包括电源管理芯片、数模混合芯片、光电产品及开发板产品。

- 瑞芯微以市场为导向，技术创新为核心，致力于为客户提供多层次、多平台、多场景的专业解决方案，赋能消费电子、智能硬件、机器视觉、行业应用等多元领域。

Rockchip
瑞芯微电子

ARM Cortex-R系列

- ARM Cortex-R 系列实时处理器（Real-Time Processing）为要求可靠性、高可用性、容错功能、可维护性和实时响应的嵌入式系统提供高性能计算解决方案。Cortex-R 系列处理器通过已经在数以亿计的产品中得到验证的成熟技术提供极快的上市速度，并利用广泛的 ARM 生态系统、全球和本地语言以及全天候的支持服务，保证快速、低风险的产品开发。

- ARM Cortex-R系列针对实时系统。

- Cortex-R4、Cortex-R5、……、Cortex-R82AE

ARM Cortex-M系列

- Cortex-M 系列针对成本和功耗敏感（Lowest Power, Lower Cost）的MCU和终端应用（如智能测量、人机接口设备、汽车和工业控制系统、大型家用电器、消费性产品和医疗器械）的混合信号设备进行过优化。

- Cortex-M系列针对微控制器。

- Cortex-M0、 Cortex-M4、……、 Cortex-M85

STM32F407（实验箱的MCU）

- 实验箱的Cortex-M4核心板采用ST公司的STM32F407处理器（该处理器基于Cortex M4内核），具有以下特点：
  - 1、更先进的内核。STM32F407处理器采用Cortex M4内核，带FPU和DSP指令集。
  - 2、更多的资源。STM32F407处理器拥有多达192KB的片内SRAM，带摄像头接口（DCMI）、加密处理器（CRYP）、USB高速OTG、真随机数发生器、OTP存储器等。
  - 3、增强的外设功能。对于相同的外设部分，STM32F407处理器具有更快的模数转换速度、更低ADC/DAC工作电压、32位定时器、带日历功能的实时时钟（RTC）、IO复用功能大大增强、4K字节的电池备份SRAM以及更快的USART和SPI通信速度。
  - 4、更高的性能。STM32F407处理器最高运行频率可达168Mhz；STM32F407处理器拥有ART自适应实时加速器，可以达到相当于FLASH零等待周期的性能；STM32F407处理器的 FSMC采用32位多重AHB总线矩阵，总线访问速度明显提高。
  - 5、更低的功耗。STM32F407处理器的功耗为238uA/Mhz。

意法半导体（ST）公司

- 意法半导体（ST）集团于1987年成立，是由意大利的SGS微电子公司和法国Thomson半导体公司合并而成。1998年5月，SGS-THOMSON Microelectronics将公司名称改为意法半导体有限公司。意法半导体是世界最大的半导体公司之一。

- 意法公司销售收入在半导体工业第七大高速增长市场之间分布均衡。据最新的工业统计数据，意法半导体(STMicroelectronics)是全球第五大半导体厂商，在很多市场居世界领先水平。例如，意法半导体是世界第一大专用模拟芯片和电源转换芯片制造商，世界第一大工业半导体和机顶盒芯片供应商，而且在分立器件、手机相机模块和车用集成电路领域居世界前列。

life.augmented

1.3 嵌入式操作系统

1.3.1 嵌入式操作系统简介
1.3.2 嵌入式Linux
1.3.3 VxWorks
1.3.4 µC/OS-II
1.3.5 Windows CE
1.3.6 Symbian
1.3.7 Android
1.3.8 iOS
1.3.9 其他嵌入式操作系统

• 1.3.1 嵌入式操作系统简介

- 操作系统的必要性：
  - ① 操作系统可以有效的管理越来越复杂的系统资源；
  - ② 操作系统可以把硬件虚拟化，使得开发人员从繁忙的驱动程序移植和维护中解脱出来；
  - ③ 操作系统可以提供库函数、驱动程序、工具集以及应用程序。

- 20世纪70年代后期，出现了嵌入式操作系统

- 常见的嵌入式操作系统：
  - ① 嵌入式Linux
  - ② VxWorks
  - ③ µC/OS-II
  - ④ Windows CE
  - ⑤ Sysbian
  - ⑥ Android
  - ⑦ iOS
  - ⑧ 其它：QNX，Palm OS，LynxOS，NucleusPLUS，ThreadX，eCos

- **1.3.2 嵌入式Linux**

  - 是对**标准Linux**进行裁剪后，能够固化在容量只有几KB或者几MB的存储器芯片中

  - 目前大约有**一半**的嵌入式操作系统是使用嵌入式Linux

- 嵌入式Linux的特点：

① 广泛的硬件支持：Linux甚至可以在没有MMU（存储管理单元）的处理器上运行；

② 内核高效稳定：Linux内核包括进程调度、内存管理、进程间通信、虚拟文件系统和网络接口等5大部分；独特的模块机制可以实时地将模块插入到内核，或从内核中移走；

③ 开放源码，软件丰富：在Linux上开发嵌入式应用软件，一般不必从头做起，可以选择一个类似的自由软件作为原型，在其上进行二次开发；

④ 优秀的开发工具：传统的嵌入式（单片机）开发调试工具是在线仿真器（ICE）；嵌入式Linux使用GNU gcc作为编译器，用gdb、kgdb、xgdb作为调试工具；

⑤ 完善的网络通信和文件管理机制：支持ext2、fat16、fat32、romfs等文件系统。

Linux的发行版

- Linux 主要作为Linux发行版（通常被称为"distro"）的一部分而使用。这些发行版由个人，松散组织的团队，以及商业机构和志愿者组织编写。它们通常包括了其他的系统软件和应用软件，以及一个用来简化系统初始安装的安装工具，和让软件安装升级的集成管理器。大多数系统还包括了像提供GUI界面的XFree86之类的曾经运行于BSD的程序。 一个典型的Linux发行版包括：Linux内核，一些GNU程序库和工具，命令行shell，图形界面的X Window系统和相应的桌面环境，如KDE或GNOME，并包含数千种从办公套件，编译器，文本编辑器到科学工具的应用软件。

- 最受欢迎的10个Linux发行版：
  ① Ubuntu
  ② Fedora
  ③ OpenSUSE
  ④ Debian
  ⑤ Mandriva
  ⑥ Mint
  ⑦ PCLinuxOS
  ⑧ Slackware
  ⑨ Gentoo
  ⑩ CentOS

一、Ubuntu

Ubuntu是2004年9月首次公布的。虽然相对来说Ubuntu是发行较晚的Linux发行版，该项目没有其他linux发行版本早，但是其邮件列表　很快被用户的渴望和热情的开发者讨论所填满。在随后几年中，Ubuntu成长为最流行的桌面Linux发行版，它朝着发展一种“易用和免费”的桌面操作系 统做出了极大的努力和贡献，能够与市场上任何一款个人操作系统相竞争。

http://old-releases.ubuntu.com/releases/

Old Ubuntu Releases

The following old releases of Ubuntu are available:

Ubuntu 4.10 (Warty Warthog)
Ubuntu 5.04 (Hoary Hedgehog)
Ubuntu 5.10 (Breezy Badger)
Ubuntu 6.06.2 LTS (Dapper Drake)
Ubuntu 6.10 (Edgy Eft)
Ubuntu 7.04 (Feisty Fawn)
Ubuntu 7.10 (Gutsy Gibbon)
Ubuntu 8.04.4 LTS (Hardy Heron)
Ubuntu 8.10 (Intrepid Ibex)
Ubuntu 9.04 (Jaunty Jackalope)
Ubuntu 9.10 (Karmic Koala)
Ubuntu 10.04.4 LTS (Lucid Lynx)
Ubuntu 10.10 (Maverick Meerkat)
Ubuntu 11.04 (Natty Narwhal)
Ubuntu 11.10 (Oneiric Ocelot)
Ubuntu 12.04.5 LTS (Precise Pangolin)
Ubuntu 12.10 (Quantal Quetzal)
Ubuntu 13.04 (Raring Ringtail)
Ubuntu 13.10 (Saucy Salamander)
Ubuntu 14.10 (Utopic Unicorn)
Ubuntu 15.04 (Vivid Vervet)
Ubuntu 15.10 (Wily Werewolf)
Ubuntu 16.10 (Yakkety Yak)
Ubuntu 17.04 (Zesty Zapus)
Ubuntu 17.10 (Artful Aardvark)
Ubuntu 18.10 (Cosmic Cuttlefish)
Ubuntu 19.04 (Disco Dingo)
Ubuntu 19.10 (Eoan Ermine)
Ubuntu 20.10 (Groovy Gorilla)
Ubuntu 21.04 (Hirsute Hippo)
Ubuntu 21.10 (Impish Indri)
Ubuntu 22.10 (Kinetic Kudu)
Ubuntu 23.04 (Lunar Lobster)

- later point releases (the current point release is available on releases.ubuntu.com as usual):

Ubuntu 14.04.5 LTS (Trusty Tahr)
Ubuntu 16.04.6 LTS (Xenial Xerus)
Ubuntu 18.04.5 LTS (Bionic Beaver)
Ubuntu 20.04.4 LTS (Focal Fossa)
Ubuntu 22.04.3 LTS (Jammy Jellyfish)

实验箱使用的是**Ubuntu 18.04**

ubuntu-18.04-64bit- VMware Workstation 16 Player (仅用于非商业用途)

二、Fedora

虽然Fedora的正式推出在2004年9月，但是它的起源可追溯至1995年，它是由两个Linux梦想家 – Bob Young和 Marc Ewing（在红帽Linux的名字）共同创建推出。作为公司的第一个产品，红帽Linux 1.0“母亲节”，发表于同年并很快更新修复了一些错误。1997年，红帽公司推出了其革命性的RPM包管理方案及其他高级特性，这极大的促进了发行版急速上升和普及，超越Slackware Linux成为全球最广泛使用的Linux发行版。在随后几年中，红帽公司制定了标准，每6个月发行的时间表。

https://getfedora.org/

fedora

Get Fedora | Contributors | Connections | Help | Languages

fedora WORKSTATION

The leading Linux desktop

Fedora Workstation is a polished, easy to use operating system for laptop and desktop computers, with a complete set of tools for developers and makers of all kinds.

Download Now | Learn More

fedora SERVER

A Community Server OS

Fedora Server is a powerful, flexible operating system that includes the best and latest datacenter technologies.

Download Now | Learn More

fedora IoT

The solid edge foundation

Fedora IoT provides a trusted open source platform as a strong foundation for IoT ecosystems.

Download Now | Learn More

fedora CLOUD

The lightweight VM environment

Fedora Cloud edition is a powerful and minimal base operating system image

fedora COREOS

The container optimized OS

Fedora CoreOS is an automatically updating, minimal, container-focused

Windows PowerShell

- **1.3.3 VxWorks**

  - 是目前使用最广泛、市场占有率最高的实时嵌入式操作系统

  - 美国Wind River System公司于1983年设计开发的

  - VxWorks的特点：
    ① 高度可靠性；
    ② 高实时性；
    ③ 可裁剪性好。

  - VxWorks支持多种处理器

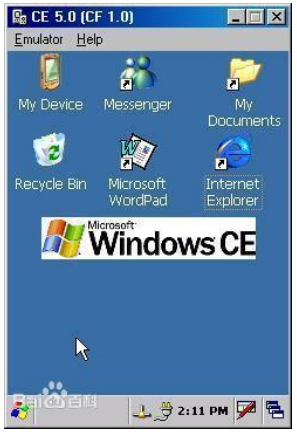
- **1.3.4 μC/OS-II**

μC/OS-II®
The Real-Time Kernel

- 是一种免费公开源代码、结构小巧、具有可剥夺实时内核的实时操作系统，之前的版本是μC/OS

- μC/OS-II的特点：
  ① 专门为嵌入式应用设计，绝大部分代码是用C语言编写的；
  ② 执行效率高、占用空间小、实时性能优良和可扩展性强；
  ③ 仅包含任务调度、任务管理、时间管理、内存管理、任务间的通信和同步等基本功能，没有提供输入输出管理、文件系统、网络等额外的服务。

• 1.3.5 Windows CE



- Windows Embedded Compact(即 Windows CE)是微软公司嵌入式、移动计算平台的基础，它是一个开放的、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系统。在2008年4月15日举行的嵌入式系统大会上，微软宣布将Windows CE更名为Windows Embedded Compact，与Windows Embedded Enterprise、Windows Embedded Standard和Windows Embedded POSReady组成Windows Embedded系列产品。Windows CE是微软公司嵌入式、移动计算平台的基础，它是一个开放的、可升级的32 bit嵌入式操作系统，是基于掌上型电脑类的电子设备操作系统。它是精简的Windows 95，Windows CE的图形用户界面相当出色
- Windows CE中的C代表袖珍（Compact）、消费（Consumer）、通信能力（Connectivity）和伴侣（Companion）；E代表电子产品（Electronics）
- 1996年发布第一个版本：Windows CE 1.0
- 主要应用领域：PDA、Pocket PC、手机等
- Windows CE的定制或配置工具：Platform Builder for Windows Embedded CE 6.0（PB），利用它可以裁剪和定制一个符合需要的Windows CE操作系统
- Windows CE的SDK（集成开发环境）：Embedded Visual Basic（EVB）、Embedded Visual C++（EVC）、Visual Studio，利用它们进行应用软件的开发

- # 1.3.6 Symbian

- 塞班系统（Symbian系统）是塞班公司为手机而设计的操作系统，它的前身是英国宝意昂公司的 EP (Electronic Piece of cheese)操作系统

- 2008年12月2日，塞班公司被诺基亚收购。2011年12月21日，诺基亚官方宣布放弃塞班（Symbian）品牌。由于缺乏新技术支持，塞班的市场份额日益萎缩

- 截止至2012年2月，塞班系统的全球市场占有量仅为3%

- 2012年5月27日，诺基亚彻底放弃开发塞班系统，但是服务将一直持续到2016年

- 2013年1月24日晚间，诺基亚宣布，今后将不再发布塞班系统的手机，意味着塞班这个智能手机操作系统，在长达14年的历史之后，终于迎来了谢幕。2014年1月1日，诺基亚正式停止了Nokia Store应用商店内对塞班应用的更新，也禁止开发人员发布新应用

- **1.3.7 Android**

  - **Google公司基于Linux平台的开源手机操作系统，2008年9月23日，谷歌正式发布了Android 1.0系统，这也是Android系统最早的版本**

  - **Android是一个对第三方软件完全开放的平台**

  - **Open Handset Alliance：开放手机联盟**

  - **Android平台包括：操作系统、中间件、用户界面、应用软件**

- **Android包括：**
  ① 经过裁剪和调优的**Linux Kernel**（内核）
  ② 经过修改的**Java**虚拟机**Dalvik**
  ③ 大量的类库和应用软件，如浏览器**WebKit**、数据库**SQLite**
  ④ 大量现成的应用软件
  ⑤ 基于**Eclipse**的开发环境、模拟器、文档、帮助、示例等

- 最新版本：**Android 15**

Android 15 QPR1 Beta 1 版本更新发布

IT之家 2024-08-23 11:10

摘要 · 帮你速读文章内容

IT之家 8 月 23 日消息，谷歌今日面向 Pixel 设备推出了 **Android 15 QPR1 Beta 1** 版本更新，官方支持列表包括 Pixel 6、6 Pro、6a、7、7 Pro、7a、8、8 Pro、8a、Pixel Tablet 设备。

Android 15 QPR1 Beta 1（AP41.240726.009）更新包括新的平台功能、错误修复、性能优化和 **2024 年 8 月的安全补丁**，IT之家小伙伴测试大小为 407MB。

有史以来最强大的安卓手机系统！安卓15即将上线

2024-08-13 01:20 发布于：北京市

2024-08-13 01:20:28作者：姚立伟

随着Android 15开发的接近尾声，谷歌正在紧张地进行最后阶段的优化和调整，预示着这一全新操作系统版本的发布已经迫在眉睫。根据报道，Android 15将带来一系列令人瞩目的升级，包括多项创新功能和性能提升，旨在为用户提供更流畅、智能的移动体验。

- **1.3.8 iOS**

  - **Apple公司2007年1月9日推出iPhone OS**
  - **iOS的创新设计是能使用多点触控直接操作**
  - **iTunes**
  - **AppStore**
  - **iCloud**
  - **最新版本：iOS 18**

- **1.3.9 其他嵌入式操作系统**

  - **QNX：** QNX是一种商用的遵从POSIX规范的类Unix实时操作系统，目标市场主要是面向嵌入式系统。它可能是最成功的微内核操作系统之一。

  - **Palm OS：** Palm OS是Palm公司开发的专用于PDA上的一种操作系统，这是PDA上的霸主，一度普占据了90%的PDA市场的份额。虽然其并不专门针对于手机设计，但是Palm OS的优秀性和对移动设备的支持同样使其能够成为一个优秀的手机操作系统。

  - **LynxOS：** LynxOS是由Lynx实时系统公司开发的操作系统。LynxOS是一个分布式、嵌入式、可规模扩展的实时操作系统，它遵循POSIX.1a、POSIX.1b和POSIX.1c标准。它最早开发于1988年。

- **NucleusPLUS**： NucleusPLUS是为实时嵌入式应用而设计的一个抢先式多任务操作系统内核，其95%的代码是用ANSIC写成的，因此非常便于移植并能够支持大多数类型的处理器。从实现角度来看，NucleusPLUS是一组C函数库，应用程序代码与核心函数库连接在一起，生成一个目标代码，下载到目标板的RAM中或直接烧录到目标板的ROM中执行。

- **ThreadX**：ThreadX是优秀的硬实时操作系统（RTOS），适用于深嵌入式应用中，具有规模小、实时性强、可靠性高、无产品版权费、易于使用等特点，并且支持大量的处理器和SoC，包括ARM、PowerPC、SH 4、MIPS、ADI DSP、TI DPS、Nios II等，因此广泛应用于消费电子、汽车电子、工业自动化、网络解决方案、军事与航空航天等领域中。

- **eCos**：eCos（embedded Configurable operating system），嵌入式可配置操作系统或嵌入式可配置实时操作系统。适合于深度嵌入式应用，主要应用对象包括消费电子、电信、车载设备、手持设备以及其他一些低成本和便携式应用。eCos是一种开放源代码软件，无需支付任何版税。

1.4 嵌入式系统设计

1.4.1 嵌入式系统设计过程
1.4.2 硬件设计平台的选择
1.4.3 软件设计平台的选择
1.4.4 嵌入式应用软件开发
1.4.5 测试和优化

• 1.4.1 嵌入式系统设计过程

- 嵌入式系统设计分为三个阶段：
  ① 分析
  ② 设计
  ③ 实现

- 嵌入式系统开发流程：
  ① 选择嵌入式处理器（硬件平台）
  ② 选择嵌入式操作系统（软件平台）
  ③ 开发嵌入式应用软件
  ④ 系统测试

• 1.4.2 硬件设计平台的选择

- 处理器的选择（选择处理器时需要考虑的主要因素）：
  - ① 处理性能
  - ② 技术指标
  - ③ 功耗
  - ④ 软件支持工具
  - ⑤ 是否内置调试工具
  - ⑥ 供应商是否提供调试板

- 硬件选择的其他因素：
  - ① 生产规模
  - ② 市场目标
  - ③ 软件对硬件的依赖性
  - ④ 尽量选择普通（通用）的硬件

• 1.4.3 软件设计平台的选择

- 嵌入式软件的开发流程：
  ① 代码编写
  ② 交叉编译
  ③ 交叉链接
  ④ 下载到目标板
  ⑤ 调试

MMU是Memory Management Unit的缩写，中文名是内存管理单元，有时称作分页内存管理单元（英语：paged memory management unit，缩写为PMMU）。它是一种负责处理中央处理器（CPU）的内存访问请求的计算机硬件。它的功能包括虚拟地址到物理地址的转换（即虚拟内存管理）、内存保护、中央处理器高速缓存的控制，在较为简单的计算机体系结构中，负责总线的仲裁以及存储体切换（bank switching，尤其是在8位的系统上）。

- 操作系统：
  ① 低端无MMU的处理器，选择μCLinux操作系统
  ② 高端有MMU的处理器，选择标准的Linux操作系统

- 嵌入式操作系统选择需要考虑的因素：
  ① 操作系统提供的开发工具
  ② 操作系统向硬件接口移植的难度
  ③ 操作系统对内存的要求
  ④ 开发人员是否熟悉此操作系统及其提供的API
  ⑤ 操作系统是否提供硬件的驱动程序
  ⑥ 操作系统的可裁剪性
  ⑦ 操作系统的实时性能

- 编程语言：
  - 编程语言选择需要考虑的因素：
    - ① 通用性
    - ② 可移植性程度
    - ③ 执行效率
    - ④ 可维护性
  - 几种主要的编程语言：
    - ① Ada（早期使用的）
    - ② C
    - ③ C++
    - ④ Java
    - ⑤ Python

Ada，是一种程序设计语言。源于美国军方的一个计划，旨在整合美军事系统中运行着上百种不同的程序设计语言。其命名是为了纪念世界上第一位程序员Ada Lovelace。Ada不仅体现了许多现代软件的开发原理，而且将这些原理付诸实现。同时，Ada语言的使用可大大改善软件系统的清晰性、可靠性、有效性、可维护性。Ada是现有的语言中无与伦比的一种大型通用程序设计语言，它是现代计算机语言的成功代表，集中反映了程序语言研究的成果。Ada的出现，标志着软件工程成功地进入了国家和国际的规模。在一定意义上说，Ada打破了John von Neumann 思维模式的桎梏，连同Ada的支持环境（APSE）一起，形成了新一派的Ada文化。它是迄今为止最复杂、最完备的软件工具。Ada曾是美国国防部指定唯一可用于军用系统开发的语言 。

- 集成开发环境（IDE）选择需要考虑的因素：
  - ① 系统调试器的功能，包括远程调试环境
  - ② 支持库函数，尽量采用标准的glibc
  - ③ 编译器开发商是否持续升级编译器
  - ④ 链接程序是否支持所有的文件格式和符号格式

• 1.4.4 嵌入式应用软件开发

- 交叉开发
  - 宿主机/目标机模式：
    - ① 宿主机：PC机（x86环境）
    - ② 目标机：可以是实际的运行环境，也可以用仿真系统替代实际的运行环境（如ARM环境）
  - 交叉开发环境包括：
    - ① 交叉编译器
    - ② 交叉调试器
    - ③ 系统仿真器
  - 交叉开发环境的类型：
    - ① 开放的：如GNU工具链
    - ② 商业的：如Microsoft Visual Studio等

GNU是一个自由的操作系统，其内容软件完全以GPL方式发布。这个操作系统是GNU计划的主要目标，名称来自GNU's Not Unix!的递归缩写，因为GNU的设计类似Unix，但它不包含具著作权的Unix代码。GNU的创始人，理查德·马修·斯托曼，将GNU视为“达成社会目的技术方法”。作为操作系统，GNU的发展仍未完成，其中最大的问题是具有完备功能的内核尚未被开发成功。GNU的内核，称为Hurd，是自由软件基金会发展的重点，但是其发展尚未成熟。在实际使用上，多半使用Linux内核、FreeBSD等替代方案，作为系统核心，其中主要的操作系统是Linux的发行版。Linux操作系统包涵了Linux内核与其他自由软件项目中的GNU组件和软件，可以被称为GNU/Linux（见GNU/Linux命名争议）。

- 交叉调试

  - PC机软件开发过程的调试方法：
    - 调试器和被调试的程序运行在同一个平台（PC机，x86环境）上，调试器是一个单独运行着的进程，它通过操作系统提供的调试接口控制被调试的进程

  - 嵌入式软件开发过程的调试方法（交叉调试、远程调试）：
    - 调试器运行在宿主机（PC机，x86环境）的通用操作系统之上，被调试的进程却是运行在基于特定硬件平台（目标板，如ARM环境）的嵌入式操作系统中，调试器和被调试的进程通过串口（或网络）进行通信，调试器可以控制、访问被调试的进程，读取被调试进程的当前状态，并能够改变被调试进程的运行状态

– 远程调试：

- 允许调试器以某种方式控制目标机上被调试进程的运行方式，并具有查看、修改目标机上内存单元、寄存器以及被调试进程中变量值等各种调试功能

– 远程调试的特点：

① 调试器运行在宿主机（PC机）上，被调试的进程运行在目标板上（如ARM平台）

② 调试器通过串口、并口、网络、DBM、JTAG等与被调试进程建立联系

③ 目标机上一般会具有某种形式的调试代理，它负责与调试器共同完成对目标机上运行的进程的调试，调试代理可以是硬件设备（如DBI 2000），也可以是调试软件（如gdbserver）

④ 目标机可以是系统仿真器（用仿真软件代替目标机）

- **1.4.5 测试和优化**

  - 基于目标机（ARM平台）的测试
    - 需要消耗较多的时间和经费

  - 基于宿主机（PC机）的测试
    - 虽然代价较小，但毕竟是在仿真环境中进行，因此难以完全反映软件运行的实际情况

小结

- 嵌入式系统的基本概念、特点和发展
- 嵌入式处理器：ARM处理器
- 嵌入式操作系统：Linux、Android、iOS
  - Ubuntu：Linux的发行版
- 嵌入式系统的开发流程、开发工具与方法、调试工具与方法、测试与优化

进一步探索

- 了解ARM处理器的最新产品，以及嵌入式系统硬件平台的发展趋势是什么？
- 了解嵌入式Linux操作系统各个发行版本的特点，以及它们的发展趋势。
- 综合嵌入式处理器和嵌入式操作系统的产品，哪些产品（嵌入式处理器、嵌入式操作系统）结合在一起应用比较多，其原因是什么？

第1次作业

- 请上网查找相关资料：
  ① 了解ARM处理器的最新产品，以及嵌入式系统硬件平台的发展趋势是什么？

  ② 了解嵌入式Linux操作系统各个发行版本的特点，以及它们的发展趋势。

  ③ 综合嵌入式处理器和嵌入式操作系统的产品，哪些产品（嵌入式处理器、嵌入式操作系统）结合在一起应用比较多，其原因是什么？

- 要求：
  ① 请采用电子版的格式（PPT文档）完成作业，文件名取“学号+姓名+第1次作业.pptx”，例如：22920192204303+肖亦杨+第1次作业.pptx。

  ② 第2周（2024年9月10日）上课时，会随机抽取1位同学，到讲台上用PPT进行汇报，汇报时间控制在5分钟之内。

  ③ 第1次作业上传FTP的截止日期：2024年9月9日晚上24点。

作业样例

- **1.1** 冯·诺依曼结构计算机的基本思想是什么？按此思想设计的计算机硬件系统应由哪些部件组成？它们各有何作用？

- 答：
  - 数学家冯·诺依曼提出了计算机制造的三个基本原则，即采用二进制逻辑、程序存储执行（存储程序和程序控制）以及计算机由五个部分组成（运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备），这套理论被称为冯·诺依曼体系结构。
  - 计算机硬件系统应由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备等组成。
  - 运算器是一种用于信息加工处理的部件，它对数据进行算术运算和逻辑运算。运算器通常由算术逻辑单元（ALU，Arithmetic and Logic Unit）和一系列寄存器组成。通常将运算器一次运算能处理的二进制位数称为机器字长。现代计算机具有多个寄存器，称为寄存器组。
  - 控制器是整个计算机的指挥中心，它可使计算机各部件协调工作。计算机中有两股信息在流动，一股是控制流信息，另一股是数据流信息。控制流信息的发源地是控制器，控制器产生控制流信息的依据来自3个方面：指令寄存器、状态寄存器和时序电路。
  - 存储器的主要功能是存放程序和数据，目前计算机的主存储器都是半导体存储器。
  - 输入设备就是将信息输入计算机的外部设备，它将人们熟悉的信息形式转换成计算机能接收并识别的信息形式。
  - 输出设备就是将计算机运算结果转换成人们和其他设备能接收和识别的信息形式的设备，如字符、文字、图形、图像、声音等。

Thanks