

课程介绍

2024/2/26

电子系统导论教学团队

老师：传道、授业、解惑：

学生：上课、复习、考试



Ed Carryer,
Stanford University,
Smart Product Design

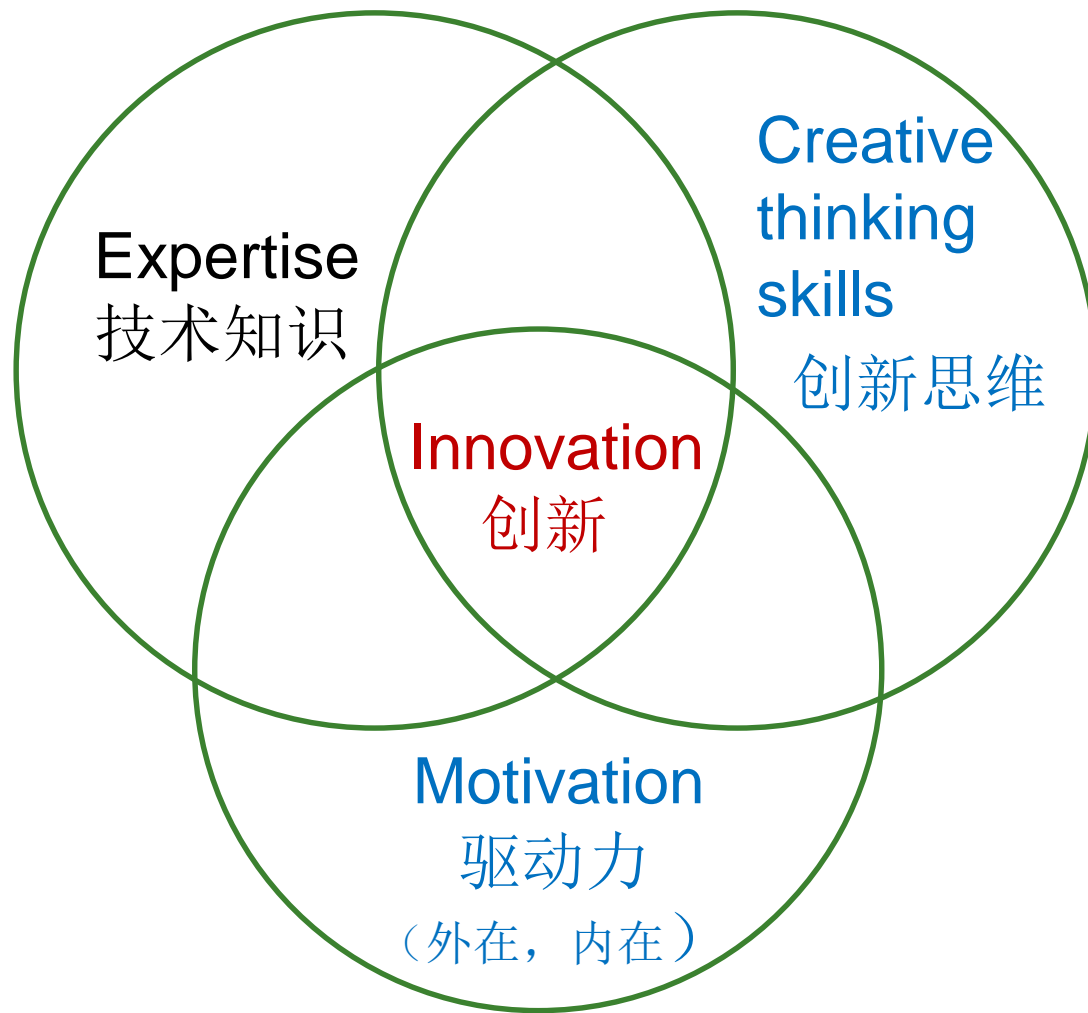
I felt like I had learned how to solve a lot of problems that the professors gave me –problems on tests, based on the material we learned in class – *but I had no confidence that I could design something from scratch.*

（通过熟记老师课堂里讲的知识，我能考出好成绩。但在实际中，我没有任何信心我能从头设计一个新的东西。）

创新者素质 (Tony Wagner)

- Curiosity (好奇心)
- Collaboration (团队合作)
- Associative or integrative thinking (联系与融合思维, connecting the dots)
- A bias toward action and experimentation (快速行动与实践)

创新者素质（Teresa Amabile, 哈佛商学院）



课程内容

- 以开源软硬件为平台，以Python为主要编程语言，讲授电子系统的组成和运行原理，包括信号的**产生、采集、处理、传输与控制**五大模块的基本概念，让学生动手实践并开展自主设计。
- 开源硬件平台：树莓派为核心开发板

Schedule

1. 课程简介（1学时）

- 介绍课程内容，介绍电子系统的主要组成部分。

树莓派系统（2学时）

- 介绍树莓派和Linux操作系统，系统安装实验。

2. Python编程一（1.5学时）

- 介绍树莓派Python环境的安装设置，Python的基本语法。

Python编程二（1.5学时）

- 介绍Python的模块运用，多线程，Python GUI编程。

编程作业（按个人第三周后提交）

3. GPIO接口（3学时）

- 介绍树莓派GPIO接口编程，按键开关与LED，IO口中断。

Schedule

4. 串行接口（3学时）

- 介绍树莓派I2C的接口编程，超声模块。

5. 模数转换（3学时）

- 介绍树莓派ADC编程，电压采集和采样实验。

6. 信号分析与处理（3学时）

- 介绍频域分析概念，以电压采样滤波重构为示例。

7. 基于树莓派的小车（3学时）

- 介绍小车的基本结构，系统组装实验。

8. 电机驱动（3学时）

- 介绍树莓派GPIO的PWM接口，直流电机驱动实验。

Schedule

9. 定时与计数（3学时）

- 对霍尔传感器的脉冲进行计数，实现转速的测量。

10. 自动控制（3学时）

- 介绍开环、反馈控制的基本概念，小车运行控制实验。

11. 图像与视频接口（3学时）

- 介绍树莓派的摄像头接口与基本图像处理。

3-11实验内容，每个实验按小组提交实验报告

12. 专题讲座（3学时）

- 讲述电子系统设计的核心概念和前沿进展。

Schedule

13-14. 综合实验一（6学时）

提交实验报告

15-16. 综合实验二（6学时）

提交实验报告

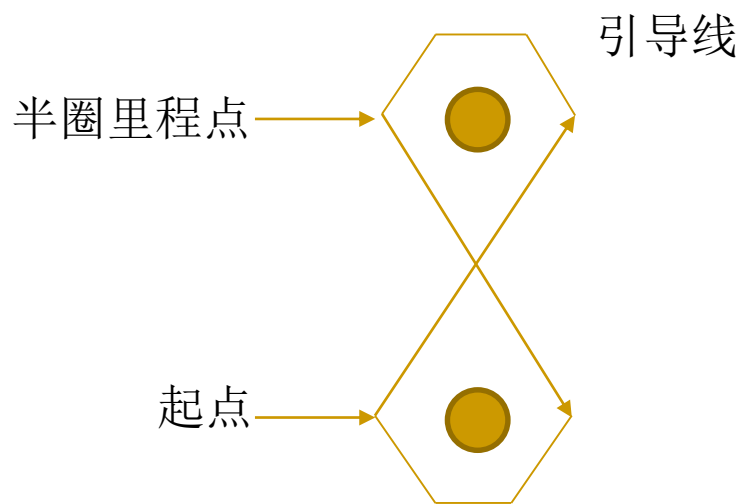
考核方式

- 2-3个人一组，团队协作完成课程内容，提交报告
- 评分方式
 - 平时实验 50%
 - 综合实验一：8字绕桩 20%
 - 综合实验二：魔方绕桩 30%
- **注意：本课程无补考！**

综合实验一

■ 8字绕桩

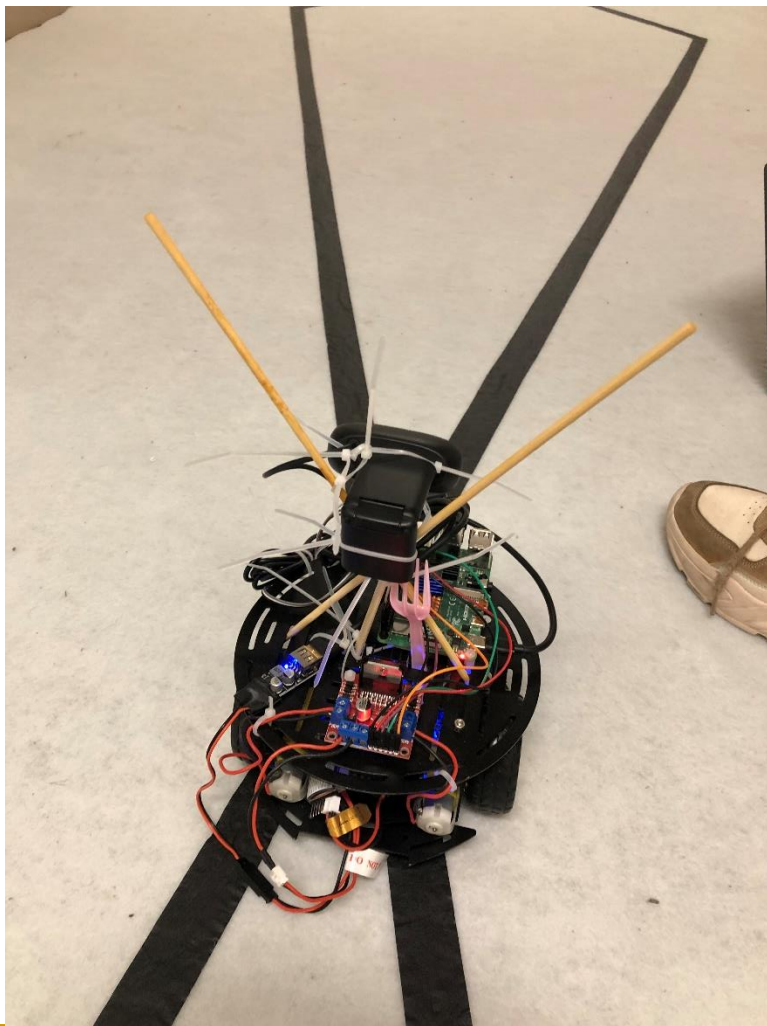
- 在赛道中间随机设置障碍物
- **PID**控制电机驱动
- 提供地面引导线
- 通过超声、摄像头等传感器完成8字绕桩前行（不一定需要严格循线走，但绕行方向必须一致）



评分细则

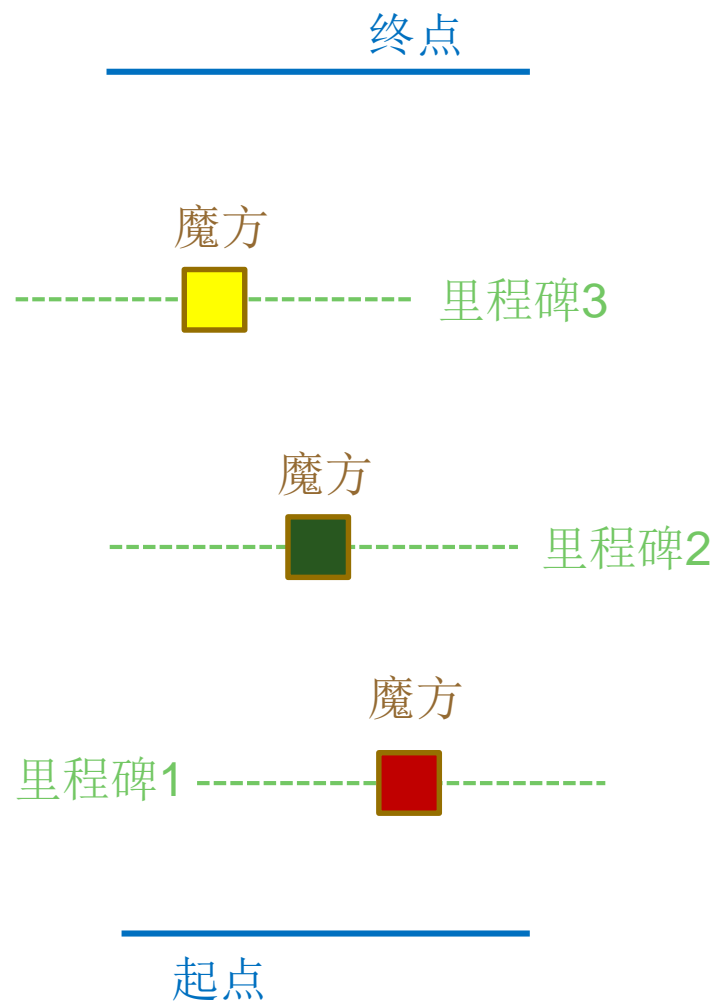
- 正式竞速前有且仅有一次试跑机会。
- 1分钟内计完成多少圈，过半圈点不满一圈按半圈记。
- 每组3次机会，取最好成绩。
- 中途如线路错误，即时结束本次测试。
- 按照成绩排序（允许并列），按照第一名，按每降一名降**0.5**分计分。

2021年8字绕桩



魔方绕桩竞速

- 在赛道中间**随机位置**摆放**若干**个大魔方障碍物
 - PID控制电机驱动
 - 通过超声、摄像头等传感器完成绕桩前行
 - 不允许人工干预小车前进
 - 要求：**静止状态**从起点线出发，小车前方视野看到不同颜色的魔方，根据教师事先规定从左边或者右侧通过，最终到达终点（每个班由任课教师决定魔方数量和颜色规则）



评分细则

- 正式竞速前有且仅有一次试跑机会，试跑成绩不计。
- 每组三次机会，取最好成绩。
- 若按照规定段到达终点，用时短者为优（精确到0.1秒）。
- 若未完成中途停止（比如漏过魔方或者绕错方向），则不记时间，只记成功绕过（正确方向越过里程碑线）的魔方数量，同等数量同等成绩。
- 按照成绩排序（允许并列），按照第一名，按每降一名降1分计分。

课程纪律

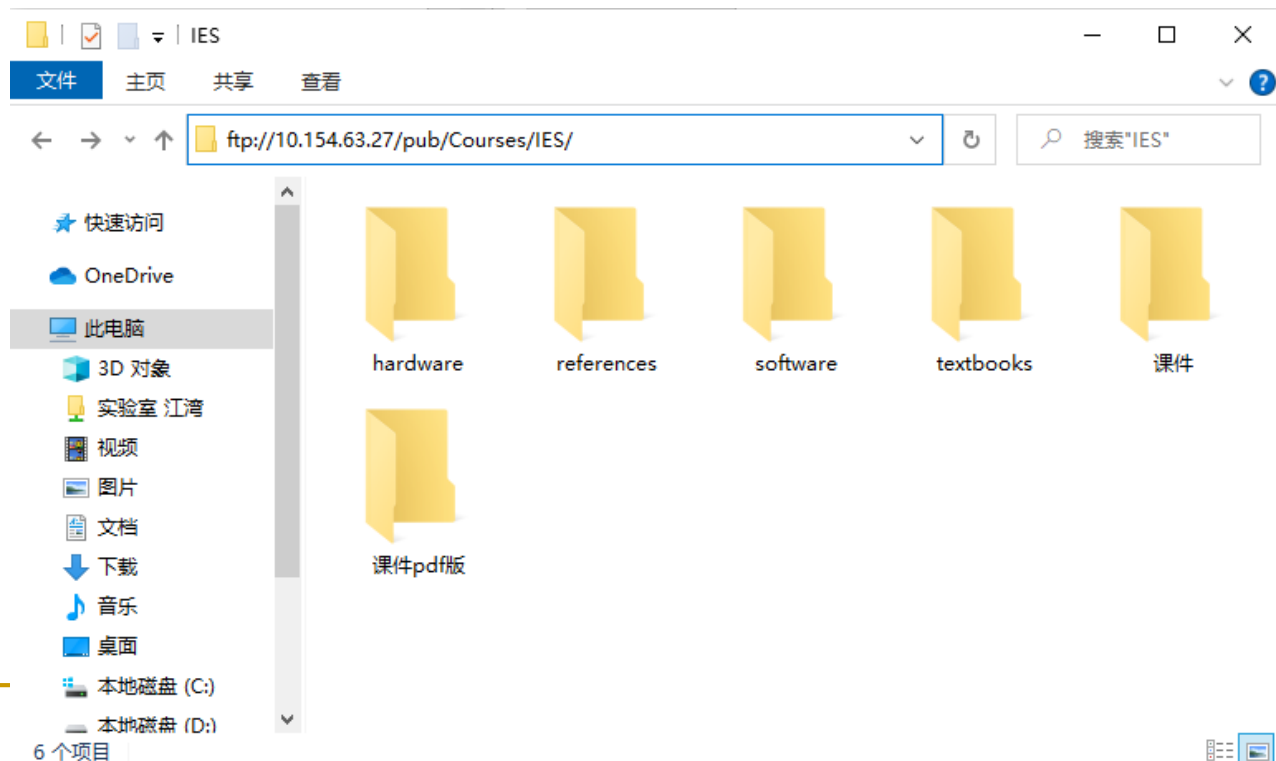
- 抄袭与被抄袭者一律取消当次实验成绩！
- 不允许进行超频、调高电压、私自替换组件等不公平的手段！
- 病假要有病假条，事假要事先请假！

网络资源

■ 课程FTP

<ftp://10.154.63.27/pub/Courses/IES/> 只可校园网内访问

推荐采用FileZilla，FTPRush等FTP客户端软件访问
也可用资源管理器地址栏直接打开（可能不稳定）



教材与器材

- Simon, Monk 著；韩波 译, 树莓派开发实战（第2版），人民邮电出版社, 2017.
- 实验器材按小组发放，平时自行保管，期末收回。
 - 期末如果愿意将器材留作自用，可签署代购委托书，委托实验中心购买新器材归还
 - 若自行淘宝购买，器材清单及购买链接可参考ftp中的文档
<ftp://10.154.63.27/pub/Courses/IES/hardware/>实验器材购买链接.xlsx

专用教室

■ 物理楼413/414实验室

- 请按照门口贴的座位表上课，不允许随便交换座位！
- 注意用电安全！
- 水杯不允许放在桌上！

■ 实验员

黄奇伟 (ywhuang@fudan.edu.cn)，物理楼409

黄彦淇 (yqhuang@fudan.edu.cn)，物理楼409

任课教师

姓名	上课时间	江湾校区办公室 (交叉2号楼)	邮件
冯 辉	周一	C5025	hfeng@fudan.edu.cn
邹 卓	周二	B7027	zhuo@fudan.edu.cn
丛春晓	周二	B7015	cxcong@fudan.edu.cn
王 峰	周三	B6023	fengwang@fudan.edu.cn
王海鹏	周三	B6025	hpwang@fudan.edu.cn
万 景	周四	B7013	jingwan@fudan.edu.cn
胡来归	周四	A7005	laiguihu@fudan.edu.cn
邱 剑	周五	C4023	jqu@fudan.edu.cn
陈国平	周五	A7005	gpchenapple@fudan.edu.cn

参考书籍

■ 树莓派

- Eben Upton, Gareth Halfacree 著；张静轩, 郭栋, 许金超, 王伟 译, 树莓派用户指南（第3版），人民邮电出版社，2016.
- Wolfram Donat等 著；韩德强 译, Python树莓派编程, 机械工业出版社, 2016.
- Rushi Gajjar 著；胡训强, 张欣景 译, 树莓派+传感器：创建智能交互项目的实用方法、工具及最佳实践, 机械工业出版社, 2016.
- 柯博文 著, 树莓派Raspberry Pi实战指南：手把手教你掌握100个精彩案例, 清华大学出版社, 2015.

现代电子系统的定义

- 由**微处理器**和**电子元器件**组成的能够产生、采集、存储、传输、处理和**控制**信号的客观实体称之为现代电子系统。

电子系统的历史

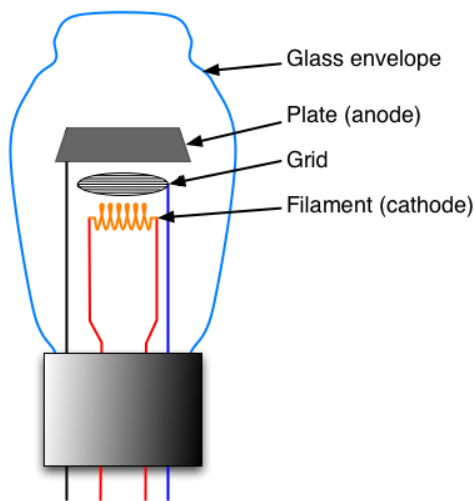
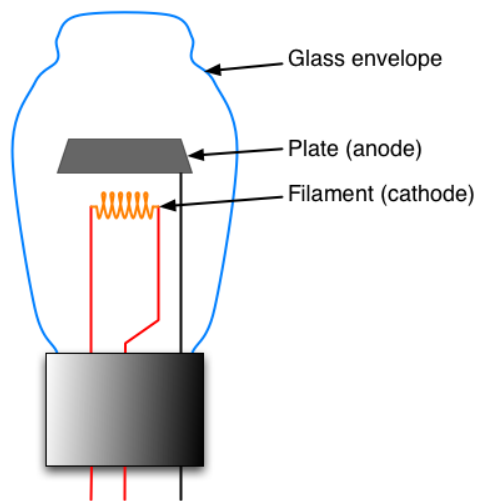
- 第一代：基于电子管
- 第二代：基于晶体管
- 第三代：集成电路



The 1946 ENIAC computer used 17,468 vacuum tubes and consumed 150 kW of power

电子管

- 灯泡状的真空二极管或三极管
- 20世纪初发明



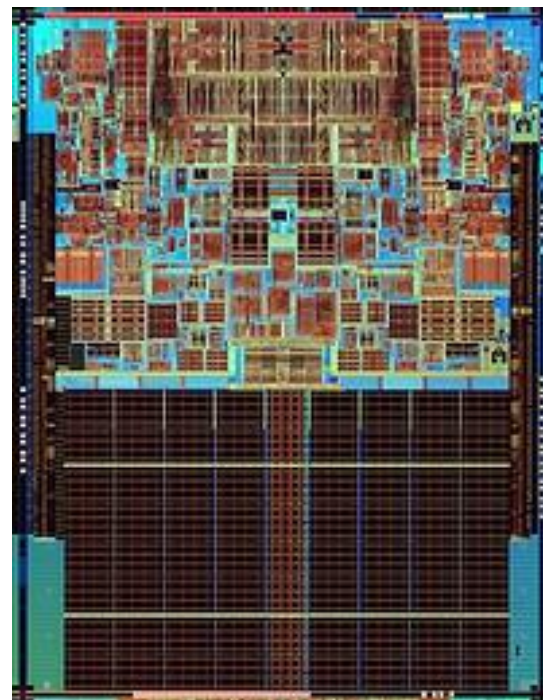
晶体管

- 晶体管（transistor）在1947年，由约翰·巴丁、沃尔特·布喇顿和威廉·肖克利所发明。
- 他们因为半导体及晶体管效应的研究获得1956年诺贝尔物理奖。



集成电路

- 现代集成电路是由杰克·基尔比在**1958**年发明的。因此荣获**2000**年诺贝尔物理奖



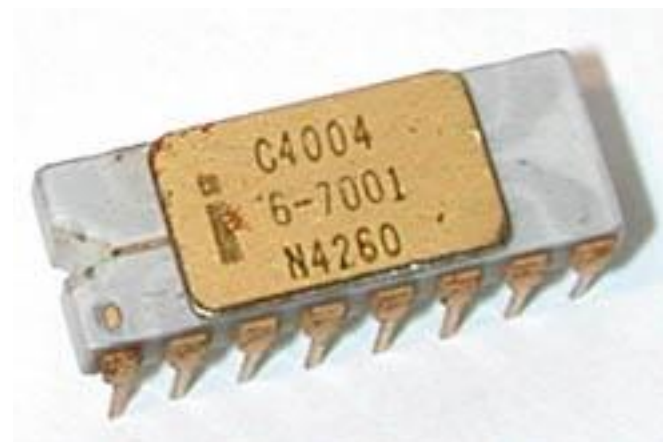
Intel Core 2集成电路核心

微处理器

- 微处理器(micro processor)是可编程化处理数据的特殊集成电路。
 - 处理通用数据时，叫作中央处理器(Central Processing Unit, CPU)
 - 处理图像数据的，叫作图形处理器(Graphics Processing Unit, GPU)
 - 处理音频数据的，叫作音频处理器(Audio Processing Unit, APU)
 - 集成多种外设的，成为单片机(MCU)或者嵌入式处理器

- 第一款微处理器

- Intel 4004 (1971)



“上天入地”的电子系统



goReader
Internet
eBook



Nixvue Digital Album
Digital Photo Album



Tektronix TDS7000
Digital
Oscilloscopes



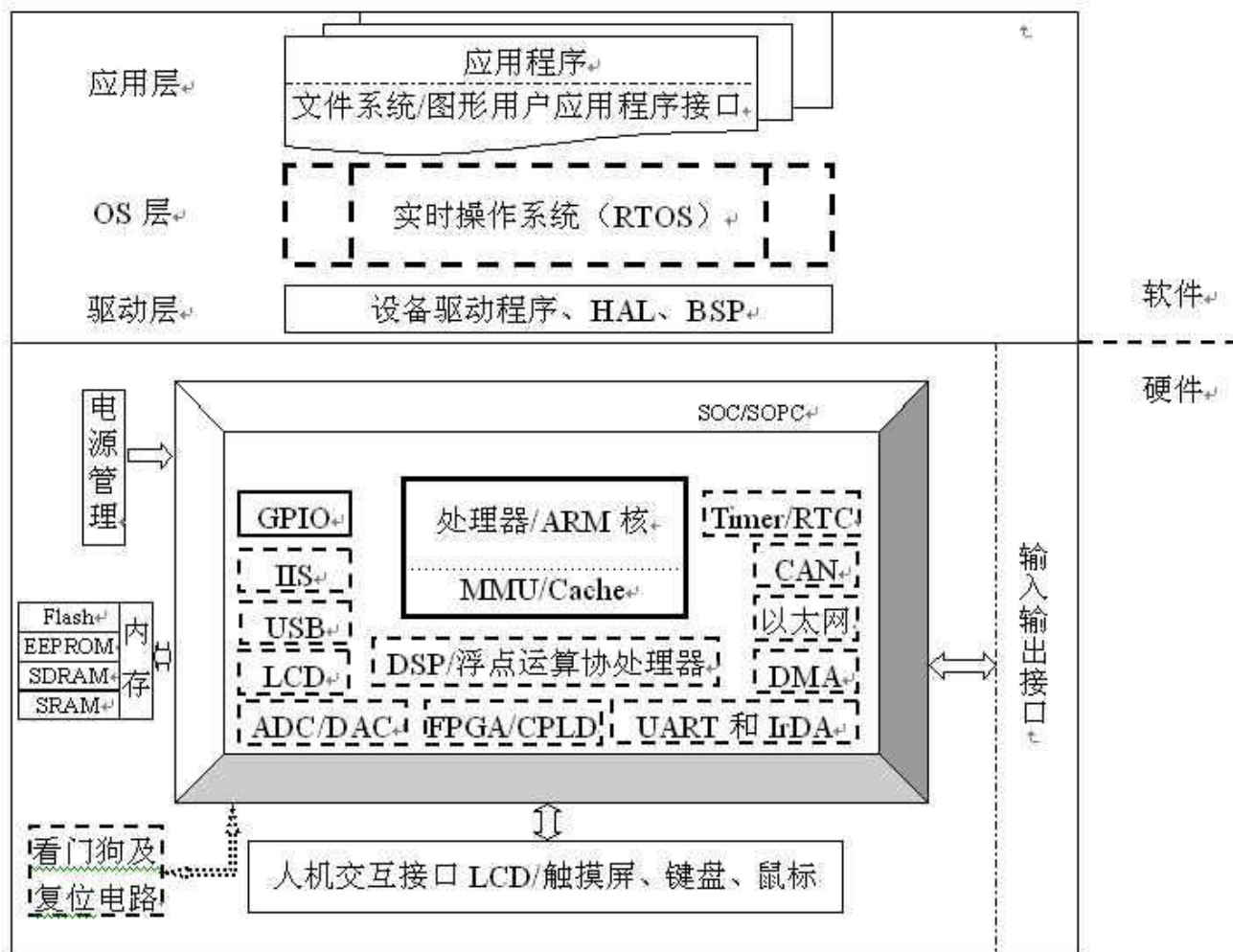
Samsung AnyWeb
Internet Screen
Phone



eRemote
Intelligent Home
Controller



电子系统的组成结构



电子系统里的主要硬件

■ 微处理器

- MCU 8051, PIC
- MPU ARM/MIPS
- 通用DSP TI/ADI DSP
- 多媒体处理器 Trimedia

■ 存储器

- RAM Hynix
- E²PROM Hitachi,
Xilinx(配合其FPGA专用)
- FLASH Samsung,
Fujitsu

■ JTAG调试 处理器集成

■ 可编程器件

- FPGA/CPLD Xilinx, Altera

■ 外围设备

- 串口 大多集成在处理器中
- USB Host/Client
- 网卡
- ADC/DAC
-

典型微处理器

- X86处理器

- Intel
- AMD

典型微处理器

■ ARM

- 英国先进RISC机器公司（Advanced RISC Machines，简称ARM公司）作为fabless、chipless这一生产模式最为成功的典范，既不生产芯片，也不销售芯片，而是设计出高效的IP内核，授权给各半导体公司使用；
- 半导体公司在ARM技术的基础上，根据自己公司的产品定位，添加自己的设计并推出芯片产品；
- 最后由OEM客户采用这些芯片来构建基于ARM技术的最终应用系统产品。

典型嵌入式处理器

■ RISC-V

- RISC-V是一个开放的指令集架构（ISA），最初由加州大学伯克利分校的计算机科学系2010年启动。指令集设计考虑了小型、快速、低功耗的需求。
- RISC-V现在已经成长为一个巨大的全球合作项目，横跨多个大学和工业领域。它的一致性是由非营利的RISC-V基金会(<https://riscv.org/>)保证的，既指导底层指令集架构（ISA）规范，又扮演市场引擎的角色来推广RISC-V。
- 官网公布了完整的开源处理器设计，比如 Rocket、Orca和PULPino。

存储器

■ SDRAM

- 大容量主存，程序运行
- 带有MMU模块的CPU完成地址映射

■ E²PROM

- 容量小
- 一般存放启动参数和bootloader
- 需要仿真器烧写

■ FLASH

□ NOR FLASH

- 读取方便，容量小，成本高

□ NAND FLASH

- 读取复杂，容量大，成本低
- 作为系统主存储器
- 可以建立文件系统

电源组件

- 节能模式
 - 各个部分的节能支持
 - 多级节能模式
- 小型化

操作系统

- 通常使用嵌入式操作系统
 - 自定义，裁减
 - 紧凑，空间小
 - 实时性要求

实时性

■ 实时性要求

- 硬实时：要求可确定性强，具有明确的实时约束，在某个限定的时刻之前不能完成任务将造成灾难性的后果。
- 软实时：也对时间敏感，但偶尔发生不能满足严格实时要求的情况也是允许的。

■ 加强实时性的方法

- 分时系统，减小时间片
- 提高中断响应速度
- 可抢占式进程调度
- 例：RT-Linux

■ 实时操作系统的要求

- 可靠性
- 可预测性
- 性能
- 紧凑性
- 可剪裁性

典型嵌入式操作系统

■ 商业操作系统

- ❑ WindRiver系（VxWorks、pSOS）、Windows CE、Palm OS、OS-9、LynxOS、QNX等

■ 免费操作系统

- ❑ Linux, μ C/OS-II, Android

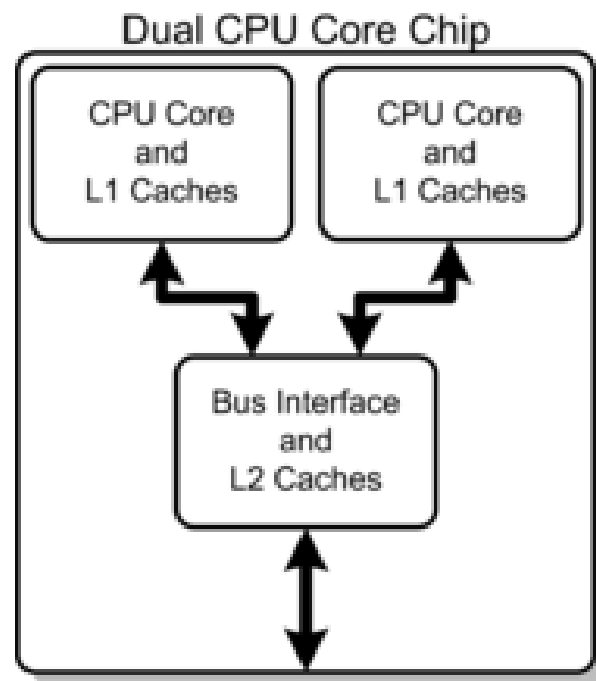


WIND RIVER



电子系统的发展趋势

- 多芯片封装
 - CPU+DSP/GPU
- Intel公司
 - CPU+FPGA
 - Ryzen APU: CPU+GPU
- ARM公司
 - ARM+Mali GPU



强大的SoC

- 集成更多的外围器件
- Broadcom BCM2711 (树莓派4B的CPU)
 - 定时器，中断控制器，GPIO，USB，PCM / I2S，DMA控制器，I2C，SPI，PWM，UART串口

高效的操作系统

- 多核资源的合理分配和调度
- 可调整的实时性
- 可以灵活的裁减



融入网络——物联网

- 无处不在的网络
- 智能家电
- 传感器网络
- 智能移动终端
- 可穿戴设备



智能化趋势

- 智能音视频处理
 - 智能摄像头
 - 智能音箱