嵌入式系统
An Introduction to Embedded System

第一课　嵌入式系统概述

教师：蔡铭　　cm@zju.edu.cn

浙江大学计算机学院人工智能研究所
航天科技一浙江大学基础软件研发中心

课程大纲

- 嵌入式系统定义—**哪些属于嵌入式系统**
- 嵌入式系统发展历程
- 嵌入式系统构成要素—**嵌入式系统技术构成**
- 独特的嵌入式软件技术
- 嵌入式系统应用领域—**嵌入式系统应用**
- 嵌入式系统课程概述

概述

- 计算机应用领域的划分

专用服务型　　桌面通用型　　高端服务型：集群、云计算

…PC、Internet时代后，已步入嵌入式时代

什么是嵌入式系统（1/3）

1

2

4

3

什么是嵌入式系统（2/3）

什么是嵌入式系统（3/3）

- IEEE（国际电气和电子工程师协会）的定义：

  嵌入式系统是“用于控制、监视或者辅助操作机器和设备的装置”。

（原文: devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants。）

嵌入式系统的含义

- 含义
  - 通俗的说，嵌入式系统就是将计算机的硬件及软件嵌入其它机、电设备或应用系统中去，所构成了一种新的系统，即嵌入式系统。

- 构造原则
  - 嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，采用可剪裁软硬件，适用于对功能、可靠性、成本、体积、功耗等有严格要求的专用计算机系统，用于实现对其他设备的控制、监视或管理等功能。

嵌入式系统适用场合

- 检测、控制　　数控机床、单机电、仪表
- 小型化、微型化器件、设备　　通讯、医疗、移动办公
- 大吞吐量信号处理　　核心路由器、视频流处理
- 移动媒体信息处理　　手机、DC、MP3、MP4
- 多机电协同工作　　汽车电子、航空电子

嵌入式系统与桌面通用系统的区别(1/7)

- 嵌入式系统中运行的任务是专用而确定的
  - 心脏监视器只需运行信号输入、信号处理、心电图显示任务
  - 不用运行word、excel等任务
  - 如要更改任务，需要对整个系统进行重新设计或在线维护
- 桌面通用系统需要支持大量的、需求多样的应用程序：
  - 对系统中运行的程序不作假设
  - 程序升级、更新等方便

嵌入式系统与桌面通用系统的区别(2/7)

- 嵌入式系统往往对实时性提出较高的要求。
- 实时系统：指系统能够在限定的响应时间内提供所需水平的服务。（POSIX 1003.b ）
- 嵌入式实时系统可分为：
  - 强实时型：响应时间μ s～ms级，如数控机床、医疗仪器；
  - 一般实时：响应时间ms～s级，如打印机、电子菜谱；
  - 弱实时型：响应时间s级以上，如工程机械控制。

嵌入式系统与桌面通用系统的区别(3/7)

- 嵌入式系统中使用的操作系统一般是实时操作系统
- 嵌入式实时操作系统数量众多
  - 嵌入式Linux
  - VxWorks
  - Win CE/WinPhone
  - uc/os II
  - Android
  - iPhoneOS
- 国产嵌入式实时操作系统
  - HOPEN
  - DeltaOS
  - SmartOS
  - SZOS（神舟OS）

实时操作系统
使用情况统计

嵌入式系统与桌面通用系统的区别(4/7)

- 嵌入式系统运行需要高可靠性保障
  - 1966年，美国首次金星探测计划失败
  - 1982年，在马尔维纳斯群岛战争中，英国谢菲尔德驱逐舰被击沉，由于它的雷达系统将来袭的“飞鱼”导弹确定为“友好”
  - 1985～1987年，美国、加拿大联合研制的Therac25型放射治疗仪多次产生超计量辐射，造成多人伤亡的重大医疗事故
  - 1991年，在海湾战争中，爱国者导弹拦截飞毛腿导弹失败
  - 1996年，ESA首次发射阿丽亚娜501航天飞机自毁，损失5亿
- 嵌入式系统需要忍受长时间、无人值守条件下的运行。
  - 如核心路由器、航天飞行器
- 嵌入式系统运行的环境恶劣
  - 工业控制：车间设备干扰、辐射
  - 航天飞行器：40%的航天设备故障源（单粒子翻转、单粒子闩锁、功率器件SEB等）来自太空辐射，需要提供抗辐射加固保障

嵌入式系统与桌面通用系统的区别(5/7)

- 嵌入式系统大都有功耗约束。
  - 如：敦煌莫高窟洞窟微气象环境监测，有大约45000平方米的壁画、2400余尊彩塑等珍贵文物需要保护。对各个洞窟内的温度、湿度以及二氧化碳浓度的微气象环境是影响壁画保存的重要因素。
  - 要求1分钟采样一次，每个采样节点采用电池供电，1年更新一次。采用常规的方法，能量只能持续工作5天！
  - 引入间歇工作方式，从而降低功耗，节省能量。

嵌入式系统与桌面通用系统的区别(6/7)

- 嵌

操作系统之最：THREADX

- 内核大小：2K
- 内存使用：500byte
- 系统启动：300时钟周期
- 任务切换：20时钟周期

-

  - 调试：仿真器、虚拟机
  - 更新：在线升级等

嵌入式系统与桌面通用系统的区别(7/7)

- 嵌入式系统开发是一项综合的计算机应用技术
  - 系统结构：状态控制器、中断控制器处理
  - 汇编语言：操纵外围设备、端口
  - 操作系统：设置运行任务、通信、互斥
  - 编译原理：交叉编译、bootloader加载
  - GUI布局 ：多分辨率适配

课程大纲

- 嵌入式系统定义—**哪些属于嵌入式系统**
- 嵌入式系统发展历程
- 嵌入式系统构成要素—**嵌入式系统技术构成**
- 独特的嵌入式软件技术
- 嵌入式系统应用领域—**嵌入式系统应用**
- 嵌入式系统课程概述

嵌入式系统的发展历程

- 嵌入式系统出现于20世纪60年代，50年来随着计算机技术、电子信息技术的发展，嵌入式系统的各项技术也得到蓬勃发展，市场迅猛扩大，已深入到生产和生活的各个角落。
- 嵌入式系统发展的三个阶段
  - 嵌入式系统的出现和兴起 （1960－1970）
  - 嵌入式系统走向繁荣，软件、硬件日臻完善（1971－1989）
  - 嵌入式系统应用走向纵深化发展 （1990－至今）

嵌入式系统的出现和兴起

- 第一代电子管计算机(1946～1957年)，无法满足嵌入式计算所要求的体积小、重量轻、耗电少、可靠性高、实时性强等一系列要求。
- 60年代，第二代晶体管计算机系统开始应用：
  - 第一台机载专用数字计算机是美国海军舰载轰炸机“民团团员”号研制的多功能数字分析器(Verdan)。
  - 1962年美国乙烯厂实现了工业装置中的第一个直接数字控制。
- 1965～1970年，第三代集成电路化计算机系统应用：
  - 第一次使用机载数字计算机控制的是1965年发射的Gemini3号。
  - 第一次通过容错来提高可靠性是1968年的阿波罗4号、土星5号。
  - 在军用领域中，出现了为各种武器系统研制的嵌入式系统。

嵌入式系统走向繁荣，软、硬件日臻完善

- 嵌入式系统的大发展是在微处理问世之后：
  - 1971年11月，Intel公司推出了第一片微处理器Intel4004，并进一步通用化，推出了4位的4040、8位的8008。

    人们再也不必为设计一台专用机而研制专用的电路、专用的运算器了，只需以微处理器为基础进行设计。
  - 1976年，第一个单片机Intel 8048出现。
  - 1982年，第一个DSP出现，比同期的CPU快10～50倍。
  - 80年代后期，第三代DSP芯片出现。
- 软件技术的进步使嵌入式系统日臻完善：
  - 早期嵌入式系统：采用汇编语言，基本不采用操作系统
  - 硬件的提升：微处理器性能提高、存储器容量增加
  - 软件技术发展：高级语言、编译器、操作系统、集成开发环境

嵌入式系统应用走向纵深化发展

- 应用充分普及：工业控制、数字化通讯、数字化家电
  - 汽车：50个以上嵌入式微处理器
  - 飞机：70个以上嵌入式系统
  - 飞船：64个嵌入式软件系统
- 嵌入式微处理器32位、64位
- 嵌入式实时操作系统使用比率越来越高
  - 早期：10%；90年代初：30%；目前：80～90%
- 嵌入式系统开发工具越来越丰富
- 嵌入式系统产业链形成，并被广泛应用于网络通信、消费电子、医疗电子、工业控制和交通系统等领域

全球嵌入式系统发展

- 嵌入式技术是信息产业中发展最快、应用最广的计算机技术之一，并被广泛应用于网络通信、消费电子、医疗电子、工业控制和交通系统等领域。
- 全球嵌入式系统工业产值已超过1万亿美元，嵌入式系统硬件和软件开发工具市场约2000亿美元；全球嵌入式软件市场的规模超过1000亿美元，而且每年以超过30%的速度在增长。
- 日本及欧美嵌入式软件人才极其短缺，大量的跨国嵌入式软件公司到中国委托软件外包。在中国参与的在软件外包业中，嵌入式软件占到了50.4%。

中国嵌入式软件发展

- 嵌入式软件是嵌入式系统的核心技术之一，在中国占整个软件收入的21%，整个电子信息产业中的10%。
- 2010年，中国嵌入式软件市场规模达到1000亿元，并以40%的年增长率发展，2015年，有望达到5000亿元，成为中国软件产业快速发展的重要驱动力。
- 《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020）》确立的16个重大专项，2008年颁布“核高基”—“基础软件产品”中包含了嵌入式基础软件的研发。

嵌入式系统发展趋势（1/2）

- 软、硬件系统整合
- SOC设计：体积小、散热好、低功耗、可靠性高
- 应用领域拓展：无线传感器网络、物联网、智能电网、三网融合、普适计算、与云计算融合

大鸭岛－Intel

极端环境无线传感器网络观测平台

嵌入式系统发展趋势（2/2）

- 多学科交叉融合，机、电、液、控、热、生命科学、材料科学等多物理领域对象高度集成与融合，复杂机电产品的协作（同步）开发

3D打印机

服用RFID 芯片

课程大纲

- 嵌入式系统定义—**哪些属于嵌入式系统**
- 嵌入式系统发展历程
- 嵌入式系统构成要素—**嵌入式系统技术构成**
- 独特的嵌入式软件技术
- 嵌入式系统应用领域—**嵌入式系统应用**
- 嵌入式系统课程概述

嵌入式系统结构

- 嵌入式系统一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统（可选），以及用户的应用软件系统等四个部分组成

一个典型的嵌入式系统应用

嵌入式微处理器

- 1000多种硬件处理器，分为MCU、DSP、MPU、SOC
  - ARM RISC （ARM）
  - MIPS RISC （MIPS）
  - TMS320 DSP（TI）

2010年 芬兰“千年技术奖”
英国曼彻斯特大学的Stephen Furber教授
发明ARM32位微处理器

外围硬件设备　（1/2）

- 片外总线：连接系统各个部件，进行互连和传输信息的信号线。
  - ESIA总线、SCSI总线、PCI总线
  - AMBA总线：ARM研发的总线规范
  - 专用总线
    - CompactPCI总线：工业控制
    - CAN总线：汽车电子总线
    - 1553B总线：航空工业总线
    - VXI、PXI、LXI：仪器仪表、测试总线
- 电子盘：采用flash芯片存储数据，体积小、功耗低、抗震
  - DOC：Disk on Chip
  - DOM：IDE电子盘
  - CF：CompactFlash
  - SM：Smart Media
  - MS：Memory Stick

外围硬件设备　（2/2）

- I/O设备
  - A/D、D/A
  - 中断控制器
  - UART
  - LCD
- 通讯设备
  - 有线通讯：IEEE1394、USB
  - 无线通讯：IrDA、Bluetooth、802.11b/g

嵌入式实时操作系统

- 典型的嵌入式实时操作系统（RTOS）
  - 近200种操作系统，VxWorks、QNX、WinCE、PalmOS、Android
  - 面向SOC的操作系统：Symbian的Epoc、Express Logic的ThreadX、ATI的Nucleus
  - 开放源码的操作系统：Linux系列、uC/OS
- 典型性能指标
  - 内核大小：几K～几百K；
  - 调度时间片：1ms；
  - 实时任务响应时间：20～40微妙
  - 一般任务响应时间：20微妙～几百毫秒

一个应用实例——汽车电子

汽车电子是一个复杂系统

汽车电子系统构成

传动系控制系统
信息系统
娱乐、服务
移动通信
信息处理
GPS导航系统
发动机控制
AT控制
ACC*
动力转向
*Adaptive Cruise Control
(经济车速自适应调节)
安全控制系统
安全气囊
ABS/稳定性
SAFE-by-WIRE
行驶系控制系统
仪表板、入口
空调控制
底盘控制
车身控制系统
x-by-wire
低速LAN
开关控制
前照灯控制
防盗装置
车门控制
电动车窗控制

发动机电子控制单元

www.ChinaECNet.com

汽车总线——汽车网络化分布式控制

- 网络化的优点
  - 减少线束
  - 数据共享
  - 减少传感器

汽车网络化布局示例（1/2）

汽车网络化布局示例（2/2）

课程大纲

- 嵌入式系统定义—**哪些属于嵌入式系统**
- 嵌入式系统发展历程
- 嵌入式系统构成要素—**嵌入式系统技术构成**
- 独特的嵌入式软件技术
- 嵌入式系统应用领域—**嵌入式系统应用**
- 嵌入式系统课程概述

混合编程模式

- 嵌入式软件经常需要直接
  因而较多使用高级语言、

嵌入式汇编

```
int read_reg()
{
      asm( "in acc,0x42 ")
}
void write_reg(int newval
{
    asm( "
          mov acc,newval
          out 0x42
         ");
}
```

直接汇

```
void workQAdd1
  (
  FUNCPTR func,
  int arg1
  )
  {
  int level = intLo
  FAST JOB *pJo

  workQWriteK

          .ali
_intLock:
          push
          popl
          andl
          cli
          ret
pJob->arg1 = ar
} ? end workQAd
```

嵌入机器码

```
LOCAL UCHAR intConnectCode []    =    /* intConnect stub */
  {
/*
 * 00  e8 kk kk kk kk          call  _intEnt          * tell kernel
 * 05  50            pushl     %eax          * save regs
 * 06  52            pushl     %edx
 * 07  51            pushl     %ecx
 * 08  68 pp pp pp pp          pushl     $_parameterBoi     * push BOI param
 * 13  e8 rr rr rr rr       call  _routineBoi     * call BOI routine
 * 18  68 pp pp pp pp          pushl     $_parameter  * push param
 * 23  e8 rr rr rr rr       call  _routine  * call C routine
 * 28  68 pp pp pp pp          pushl     $_parameterEoi     * push EOI param
 * 33  e8 rr rr rr rr       call  _routineEoi     * call EOI routine
 * 38  83 c4 0c                addl $12, %esp     * pop param
 * 41  59            popl %ecx          * restore regs
 * 42  5a            popl %edx
 * 43  58            popl %eax
 * 44  e9 kk kk kk kk          jmp _intExit   * exit via kernel
 */
    0xe8, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,     /* _intEnt filled in at runtime */
    0x50,
    0x52,
    0x51,
    0x68, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,     /* BOI parameter filled in at runtime */
    0xe8, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,     /* BOI routine filled in at runtime */
    0x68, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,     /* parameter filled in at runtime */
    0xe8, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,     /* routine filled in at runtime */
    0x68, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,     /* EOI parameter filled in at runtime */
    0xe8, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,     /* EOI routine filled in at runtime */
    0x83, 0xc4, 0x0c,            /* pop parameters */
    0x59,
    0x5a,
    0x58,
    0xe9, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,     /* _intExit filled in at runtime */
  };
```

```
#ifdef INCLUDE_CACHE_SUPP
  /* 1 para is instruction cache
  cacheLibInit (USER_I_CACI
#endif /* INCLUDE_CACHE_S
```

固定内存地址访问

- 嵌入式系统经常要求去访问某特定的内存位置，如：

```
unsigned short x;
unsigned short *io_regs;

io_regs = (unsigned short *)0x400000000;
x = *io_regs[10];
```

存储限定符volatile

- RISC交叉编译器优化工作的一个重要假设：除非一个任务明确的把某个值写到内存，否则只使用寄存器中的备份。
- 在多任务共享变量、中断与任务共享变量时，必须使用volatile限定符，强制读取内存中的值。

```
void main(void)
{
  volatile int *p_status;
  int *p_data;

  p_status = (int *)0x4001;
  p_data   = (int *)0x4000;

  do {
  }  while((*p_status & 0x01) == 0);
  ……
}
```

代码共享与可重入

- 在嵌入式系统中，多个任务使用子程序的一个单一拷贝很常见，这些子程序称为共享代码。
- 由于实时系统的任务是可抢占的，因而必须保证共享代码同时被几个任务调用而不发生冲突，这就是代码的可重入。

```
char * strcpy (char *des, const char *src)
{
 static char *save = des;

 while ((* des++ = * src++) != '\0');

 return (save);
}
```

按位操作

- 嵌入式系统经常要求对变量或寄存器进行位操作。
- 例如：给定一个整型变量a，写两段代码，第一个设置a的bit 3，第二个清除a的bit 3。在以上两个操作中，要保持其它位不变。

```
#define BIT3 (0x1 << 3)

void set_bit3(int *a)
{
    *a |= BIT3;
}
void clear_bit3(int *a)
{
    *a &= ~BIT3;
}
```

看门狗定时器

- 对于要求高可靠性的嵌入式应用场合，系统往往提供看门狗（WATCHDOG）机制，以防止用户程序进入死循环或跑飞。
- 程序能够生成一个看门狗，并交付执行动作，如果应用程序在指定的时间内不能将看门狗置位，将触发指定的程序。
- 看门狗执行动作包括：系统重启、任务重启、跳出循环

任务重起WATCHDOG

任务跳出循环WATCHDOG

课程大纲

- 嵌入式系统定义—**哪些属于嵌入式系统**
- 嵌入式系统发展历程
- 嵌入式系统构成要素—**嵌入式系统技术构成**
- 独特的嵌入式软件技术
- 嵌入式系统应用领域—**嵌入式系统应用**
- 嵌入式系统课程概述

嵌入式系统应用广泛

- 1、嵌入式工业控制
- 2、嵌入式金融应用
- 3、嵌入式服务业应用
- 4、嵌入式消费类应用
- 5、嵌入式监控
- 6、电信
- 7、交通运输
- 8、制造业
- 9、嵌入式仪器仪表
- 10、嵌入式安全
- 11、嵌入式车载
- 12、数字化医疗
- 13、网络电脑（NC）
- 14、军事工业应用

嵌入式技术的应用—智能家居

- 智能家居
- 智能家电

擦窗机器人

扫地机器人

电子涂鸦墙

信息交互系统

嵌入式技术的应用—PDA

- 个人信息助理
- 掌上电脑

Nokia 6110 四频 HSDPA / GPS 导航器

SONY GPS导航器

华硕GPS导航器

Dopod U1000

实时路况车载智能导航系统

嵌入式技术的应用－多媒体终端

- IP电话
- 视频会议
- 可视电话

多功能数字相框

基于H.323协议族的网络视频电话

基于视频电话的小型视频会议系统(MCU)

多媒体娱乐终端

嵌入式技术的应用－运动玩具游戏

- GTX公司定位的运动跑鞋
  - 内置的GPS接收器和可充电电池
- 遥控蜻蜓
- 次世代三大主流
  - 三款主机Xbox 360，WII，PS3

Wii, 手柄, 手套, 枪

PS3

机器腿

嵌入式技术的应用－手表

- Martin Frey手表
  - 日程表
  - 和手机联动
  - 获取网络连接和GPS定位信息
- 手表手机：M300
  - 1英寸的显示屏
  - USB接口
  - 可播放音乐
  - 支持蓝牙
- Nike的Speed+手表
  - 结合 iPod 和运动计测
- 韩国防性罪犯的电子手镯
  - 可追踪罪犯的定位和坐标
- 爱国者视频MP4手表

嵌入式技术的应用—办公用品

- 录音笔
- FLY数字笔
  - 能“看懂”纸上所写的内容
  - 纠正语法错误
  - 完成简单的算术运算
  - 将英文互相翻译成西班牙文等
- 3D打印笔
- Genius数字便笺
  - 存储100页便笺
  - 2000LPI分辨率
  - 32MB板载内存
  - 可通过USB连接电脑
  - 笔迹识别软件

嵌入式技术的应用－摄像器材

- 数码相机
- DV

嵌入式技术的应用—电视

- 高清电视
- 数字电视
- 智能电视
- 立体显示技术

能输出 1080p 高画质影像的 iPod Dock

LG内置数字录像机的 LCD TV

AppleTV:
Intel Pentium M 1.0 GHz
2MB of L2 高速缓存
nVidia G72M 显示卡
64MB DDR2 内存
内置的 40GB 硬盘
播放 iTunes

三星智能电视

嵌入式技术的应用—家庭音响

- 引入计算机技术的音响

LG HD DVD/蓝光播放器

iPhone

Motorola支持M卡的 HD DVR 录像机

配备B&O与Core 2 Duo的P.Guerra家庭影院

Sonos ZP80无线音响

嵌入式技术的应用—通讯设备

- 有计算机能力的各种通讯设备
- 路由器/交换机/防火墙等

路由器交换设备

VPN产品

千兆网关防火墙

嵌入式技术的应用—医疗仪器

- DCG (动态心电图仪)
- 便携式多参数监护仪
- 中医指套传感器脉象虚拟仪器
- 推拿手法测试仪
- 电动机故障状态监测保护系统

手持仪

远距离看护系统

智能药丸检测系统

嵌入式技术的应用—交通相关

- 汽车电子
  - 处理器个数可达三位数
  - 车载
    - 娱乐，定位等
  - 车控
    - ABS、EBD等
- 其他

玉兔号月球车

行车记录仪

改装遮阳板 DVD / TV / MP3

嵌入式技术的应用－军工

- 武器控制系统
- 数字化单兵系统

武装直升机

全球鹰无人机

战斧导弹

嵌入式技术的应用—新兴应用

电子服饰：改变颜色、下载花纹

3D打印机：时速112公里的3D打印汽车

Google无人驾驶智能汽车

穿戴式设备：肌肉检测手势识别

嵌入式技术的应用—机器人

Schaft公司双足机器人（Google收购）

波士顿动力公司机器人（Google收购）

课程大纲

- 嵌入式系统定义—**哪些属于嵌入式系统**
- 嵌入式系统发展历程
- 嵌入式系统构成要素—**嵌入式系统技术构成**
- 独特的嵌入式软件技术
- 嵌入式系统应用领域—**嵌入式系统应用**
- 嵌入式系统课程概述

嵌入式系统课程的地位

计算机组成
操作系统原理
计算体系结构
汇编语言
程序设计
。。。
文献阅读
嵌入式系统理论
嵌入式体系结构
嵌入式操作系统
嵌入式软件开发
实验
实时系统
分布式实时系统
软件硬件协同
机器人
其它研究热点

课程设置的预期目标

- 对嵌入式系统设计技术有比较全面的了解，具备一定的设计实践能力，为进一步深入开展相关工作奠定基础。
- 理解并掌握嵌入式系统中的核心部分，包括嵌入式实时操作系统、嵌入式软件开发理论、方法与技术。
- 熟悉基于Linux的嵌入式系统开发技术。

课程的安排思路

- 了解嵌入式处理器总体架构及特点
- 掌握嵌入式实时操作系统概念及相关理论
- 熟悉基于Linux的嵌入式软件系统开发技术

课程教材

- 嵌入式系统开发原理与实践
  - 陈文智
  - 清华大学出版社

第一版

第二版

参考书目

- 现代嵌入式计算，Peter Barry等，机械工业出版社，2013年
- 航天高可靠嵌入式实时操作系统原理与技术，蔡铭等，宇航出版社，2013年
- ARM Linux内核源码剖析，尹锡训等，人民邮电出版社，2014年
- 专业嵌入式软件开发，李云，电子工业出版社，2012年
- Linux设备驱动程序，Jonathan Corbet等，电力出版社，2006年
- 嵌入式实时操作系统 uC/OS-III，Jean Larbrosse，北航出版社，2012年

参考视频

- 十问嵌入式教程：
  http://study.163.com/course/introduction/320016.htm#/courseDetail
- 嵌入式软件开发入门：
  http://study.163.com/plan/planIntroduction.htm?id=1239004#/planDetail
- 嵌入式从入门到精通：
  http://study.163.com/plan/planIntroduction.htm?id=1291005#/planDetail
- 嵌入式开发教程-ARM体系结构及Bootloader开发：
  http://study.163.com/course/introduction.htm?courseId=320025#/courseDetail
- 嵌入式实时操作系统μ COS原理与实践：
  http://study.163.com/course/introduction/258001.htm#/courseDetail

课程网站

- http://fm.zju.edu.cn/
- 发布课件
- 上交作业、报告

分数构成

- 平时60分，期末考试40分。
- 8次规定实验，每次交实验报告，每个报告4—6分，共40分。

实验平台(1/2)

- pcDuino Acadia
  - 基于ARM的Mini PC
  - CPU：Freescale4核Cortex-A9，主频1.2GHz
  - 操作系统：Lubuntu、Android
- Raspberry Pi（树莓派）

- WRTnode
  - 基于Wi-Fi AP-Soc的开源硬件板
  - CPU：MIPS 24K，主频580MHz
  - 802.11n MAC/基带/2.4GHz射频模块
  - 操作系统：OpenWrt

实验平台(2/2)

三个实验平台的比较

指标	Acadia	RPi	WRTnode
ISA	CortexA9	ARM11	MIPS
主频	1.2GHz	700MHz	580MHz
RAM	1GB	256MB	64MB
接口	USB、以太网、GPIO、UART、SPI、ADC	USB、以太网、GPIO、UART、SPI	WiFi、USB、以太网、GPIO、SPI

实验小组

- 我们和翁恺老师的班合起来做实验
- 每三位同学组成一个实验小组，每个小组获得三种实验平台各一个
- 我们有四位TA，每位负责十个实验小组
- 每个实验小组可以选择参加双周三9、10节或周四3、4节的实验课
- 实验是独立完成的，每个实验必须撰写实验报告

平时的15分

- 第2、3、5、6、7、8次实验课，是做分享的，每次有7个小组要派出同学做实验报告，必须有ppt，由全体TA打分，最高3分
- 有选做实验，完成任务，按照要求撰写报告，每个实验有不同的分值（1-5分），每个任务在截止之前只接受规定数量（10-30）的报告
- 所有的平时分数不能超过60分，规定实验以外的分数不能高于25分

奖励加分

- 技术博客 5分
- 第二周结束前（3月21日）告知博客URL，公布在fm上
- 最后一周开始前确定有资格参加投票的博客
- 最后一次实验课（7月9日）投票，前10名有加分

实验器材

- 每组领一套实验器材，实验自己回去做
- 春学期第一次实验课发实验平台
- 春学期第四次实验课发外围器件
- 实验器材需个人妥善保管，期末收回
- 如有损毁按照学则赔偿

本周分组

- 每三位同学组成一个实验小组，组长决定一个带组的助教，给助教发邮件，说明名单（姓名、学号、电话）和打算参加周三还是周四的实验课
  - 吴焕杰：wuhj@zjutv.com
  - 张志豪：icemoon237@163.com
  - 卢建鹏：315870461@qq.com
  - 朱暾　：xiatianzt00@163.com
- 下周实验课，直奔助教！

谢 谢！