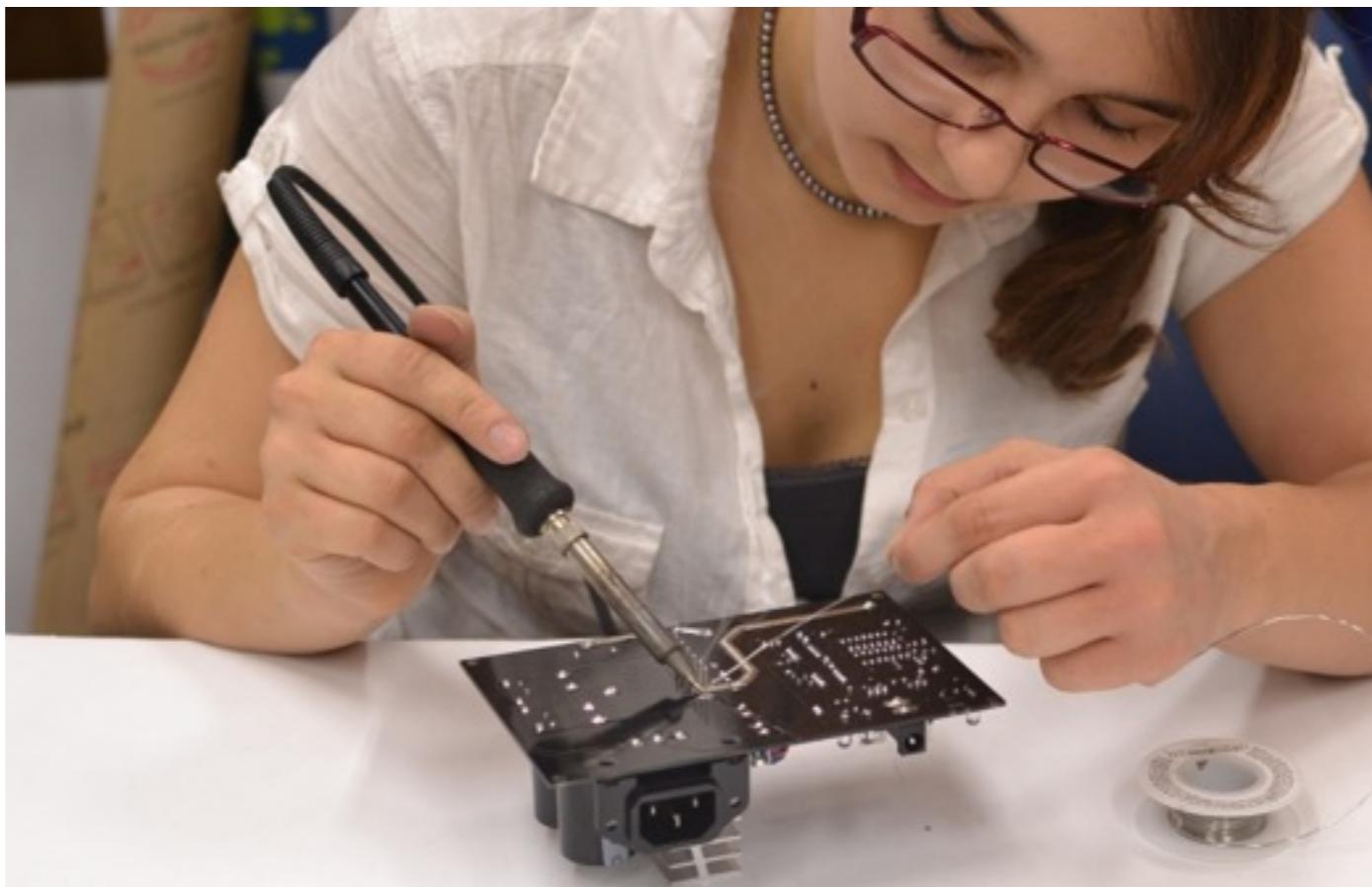


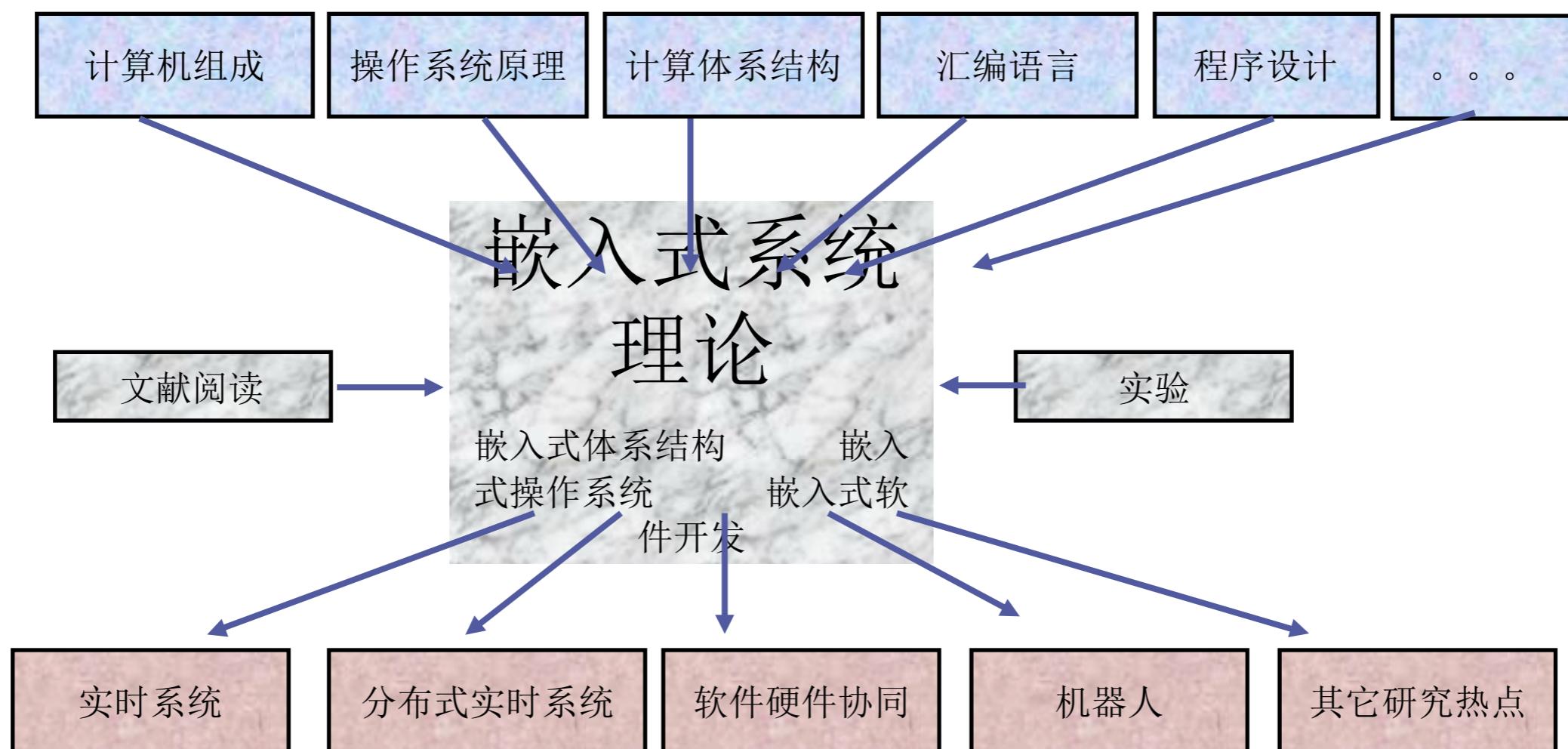
Embedded System

Introduction



Weng Kai
<http://fm.zju.edu.cn>

嵌入式系统课程的地位



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。
- 理解“机箱以下CPU以上”的计算机工作原理。
- 关键字：基本概念、开发手段、接口原理



课程的安排思路

□春学期：嵌入式Linux

□bootloader

□Linux内核代码

□uC/OS导读

□夏学期

□物理计算

□Linux驱动程序

□设备通信

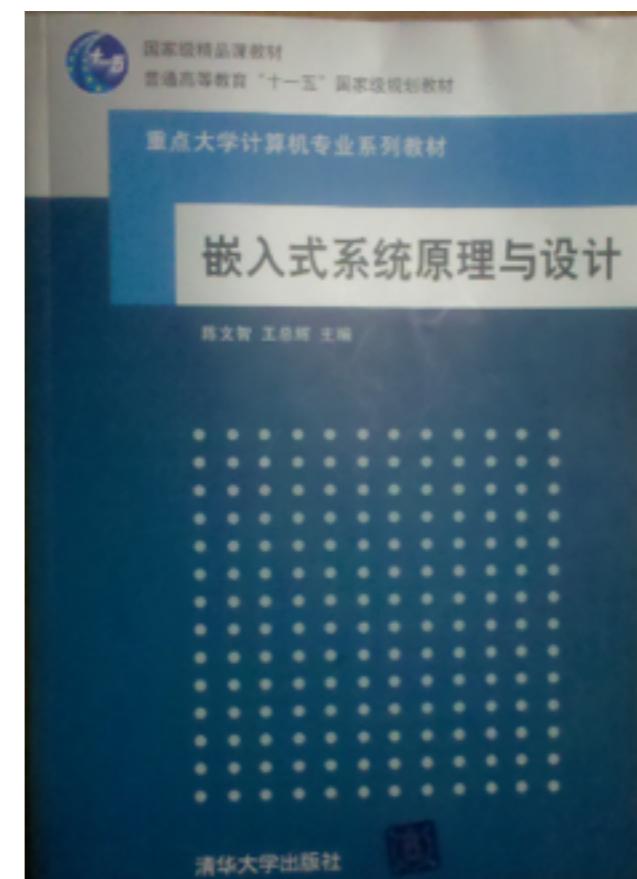
课程教材

□ 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

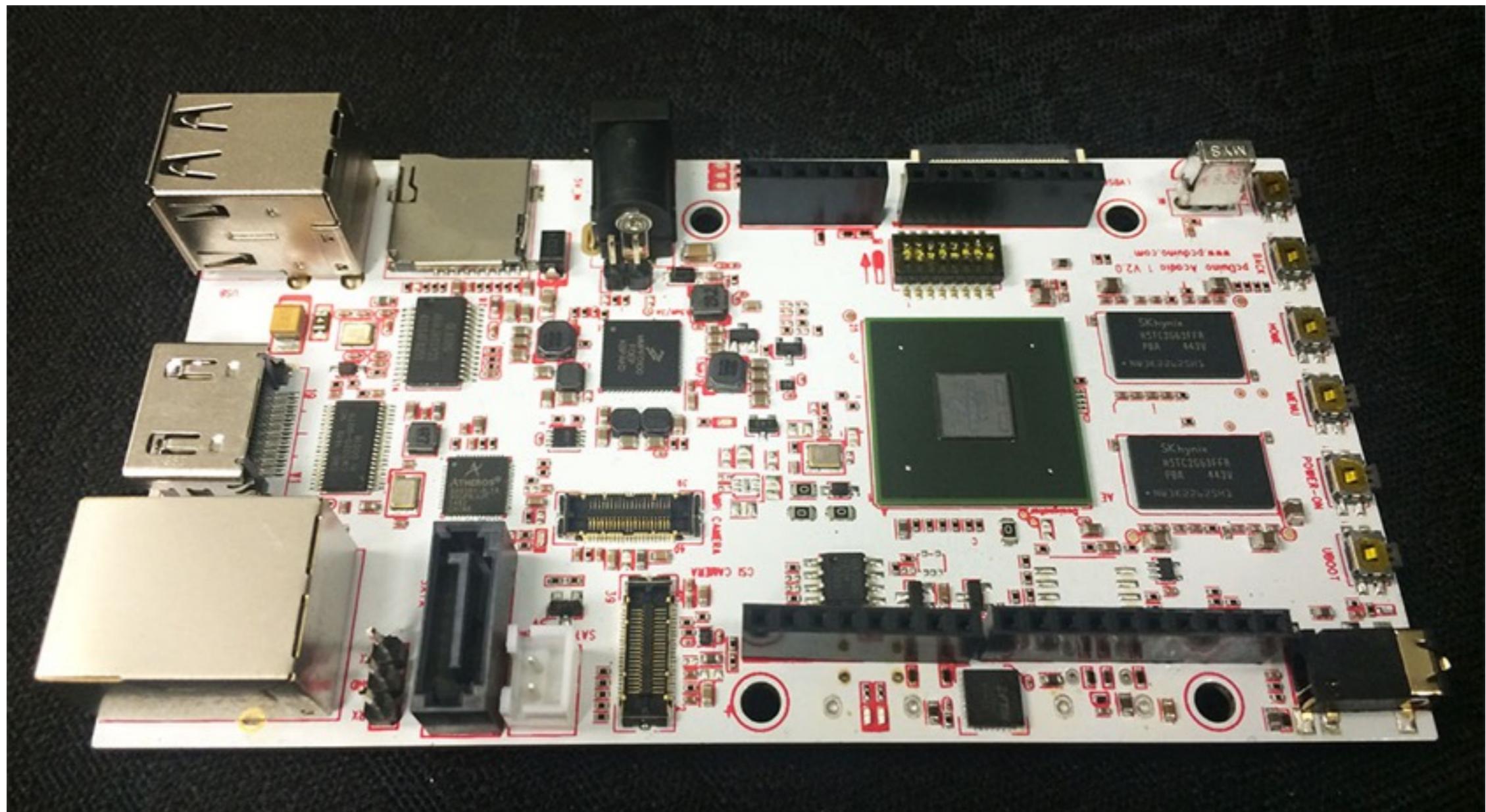


第二版

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

实验平台I

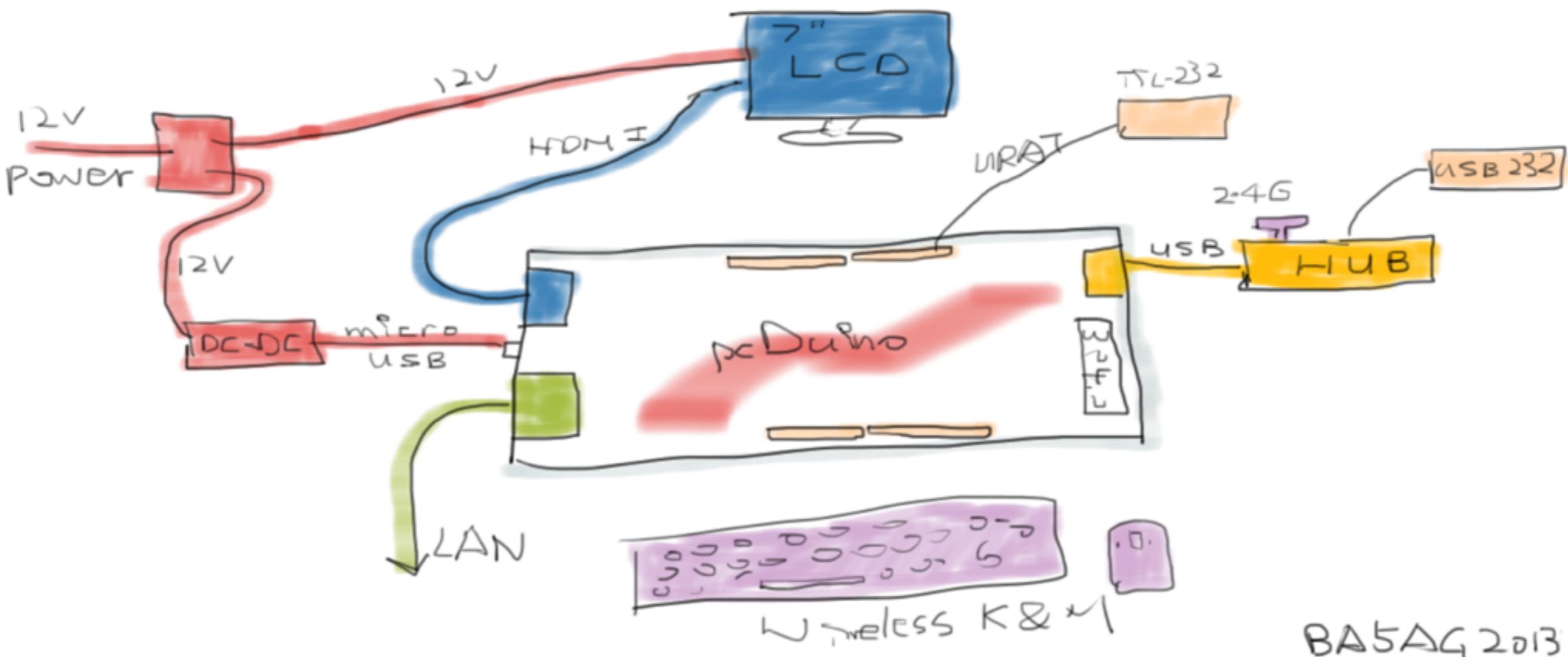


<http://www.pcduino.com>

Acadia

- A Mini PC with Arduino (TM) type Interface powered by ARM
- CPU: Freescale Quad ARM Cortex A9 based solution up to 1.2GHz
- GPU: OpenGL/ES 2.x 3D accelerator with OpenCL EP support and OpenVG 1.1 acceleration
- DRAM: 1GB
- Onboard Storage: 8GB Flash, SD card slot for up to 128GB
- Video Output: HDMI
- OS: Ubuntu Linux + Android
- Extension Interface: 2.54 mm Headers compatible with Arduino (TM)
- Network interface: RJ45

basic setup



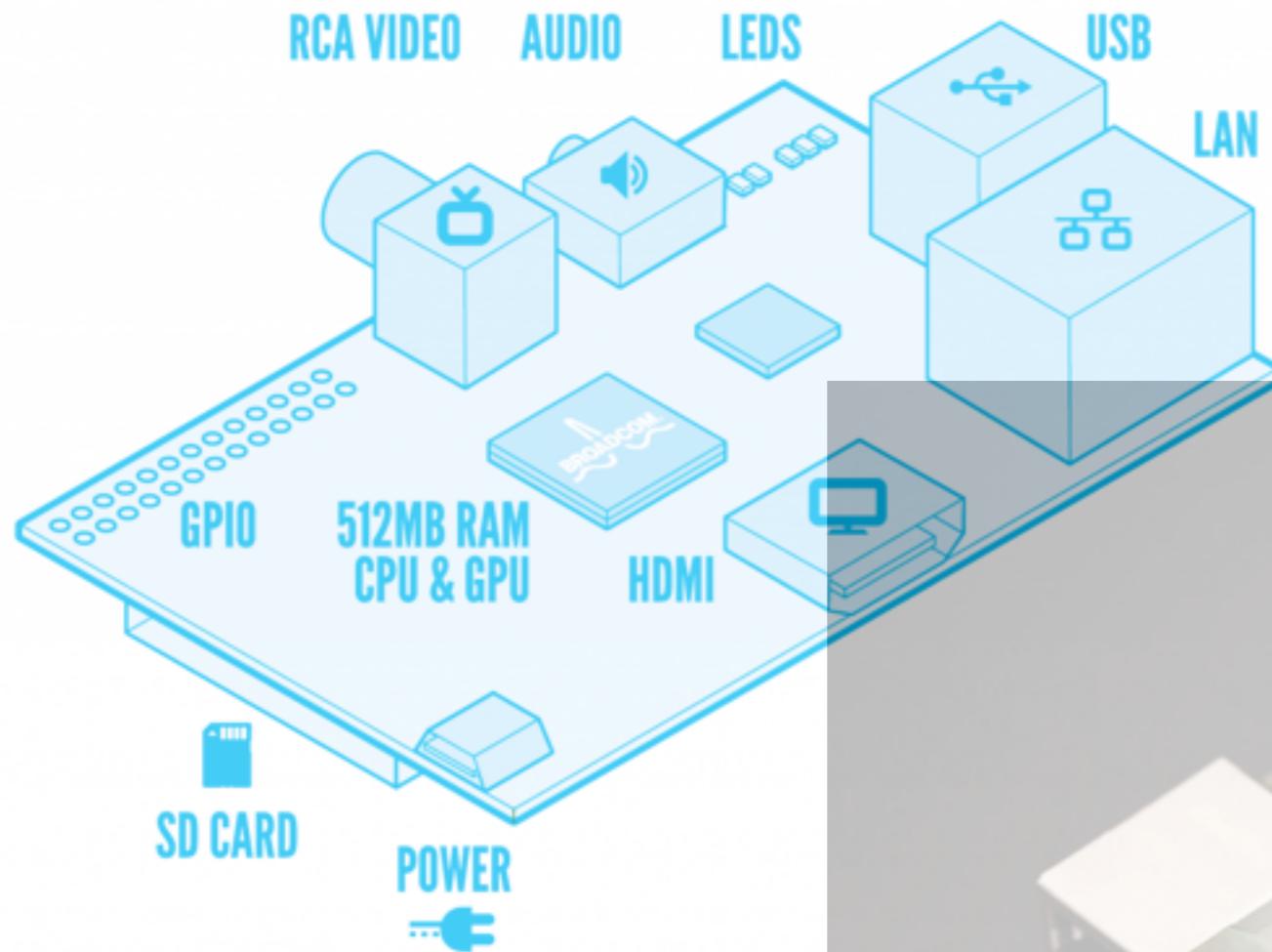
BA5AG 2013

Acadia to us

- 一个Linux机器，可以折腾
- 一个ARM开发板，可以学ARM汇编
- 有GPIO，可以做物理计算

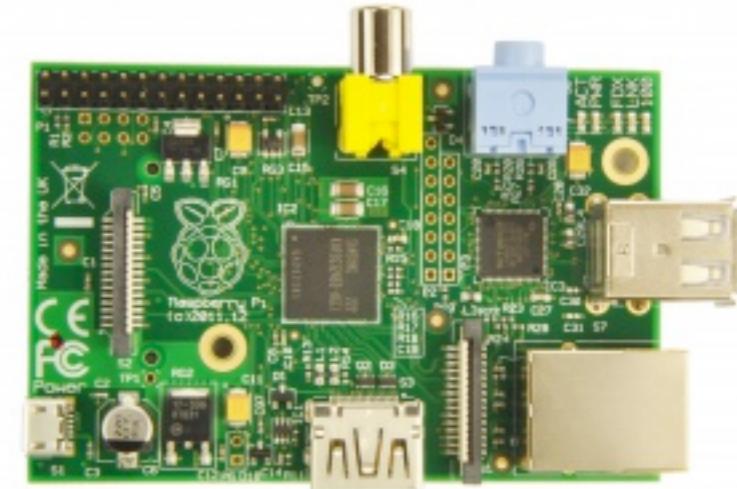
RASPBERRY PI MODEL B

实验平台 II



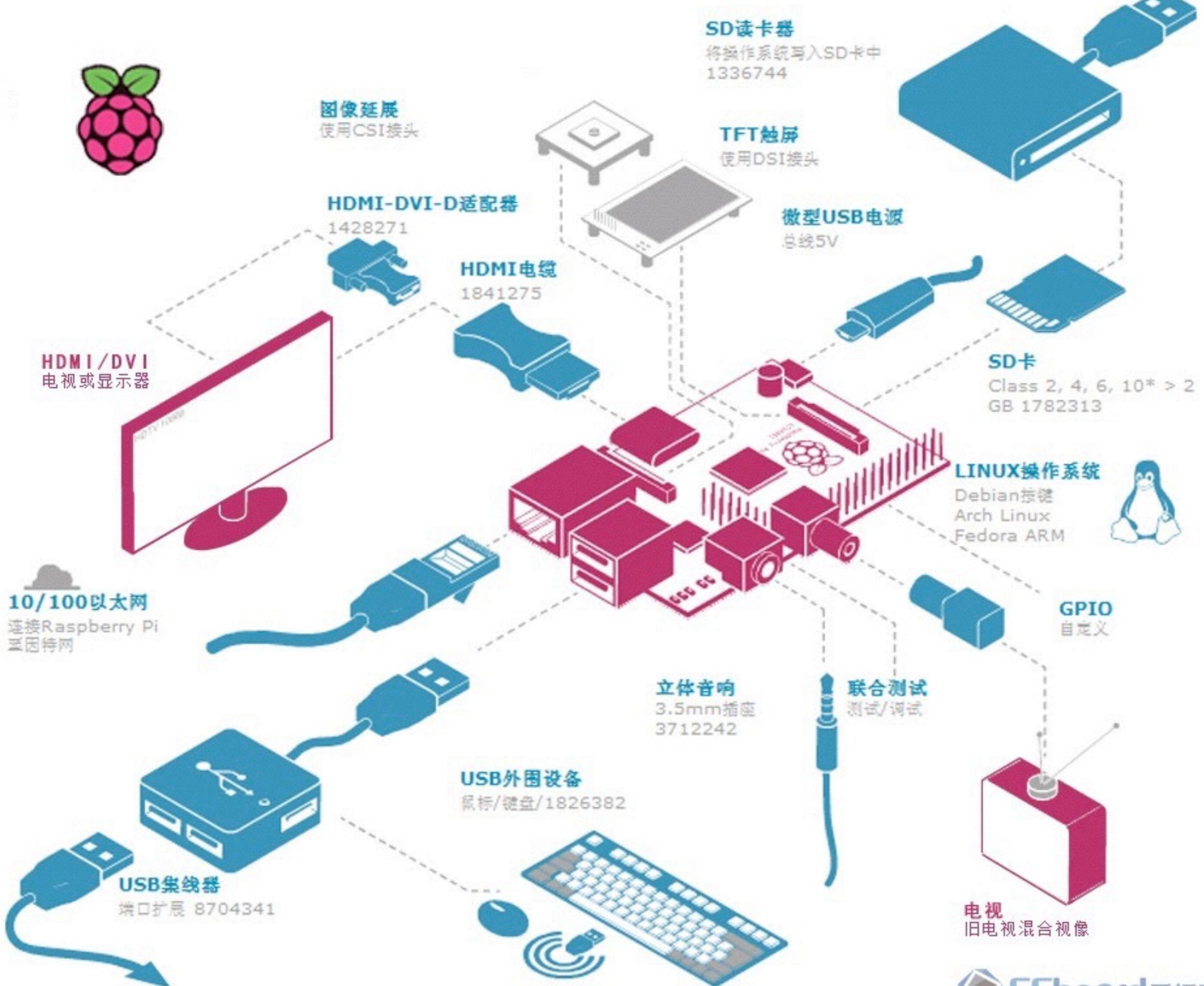
RaspberryPi

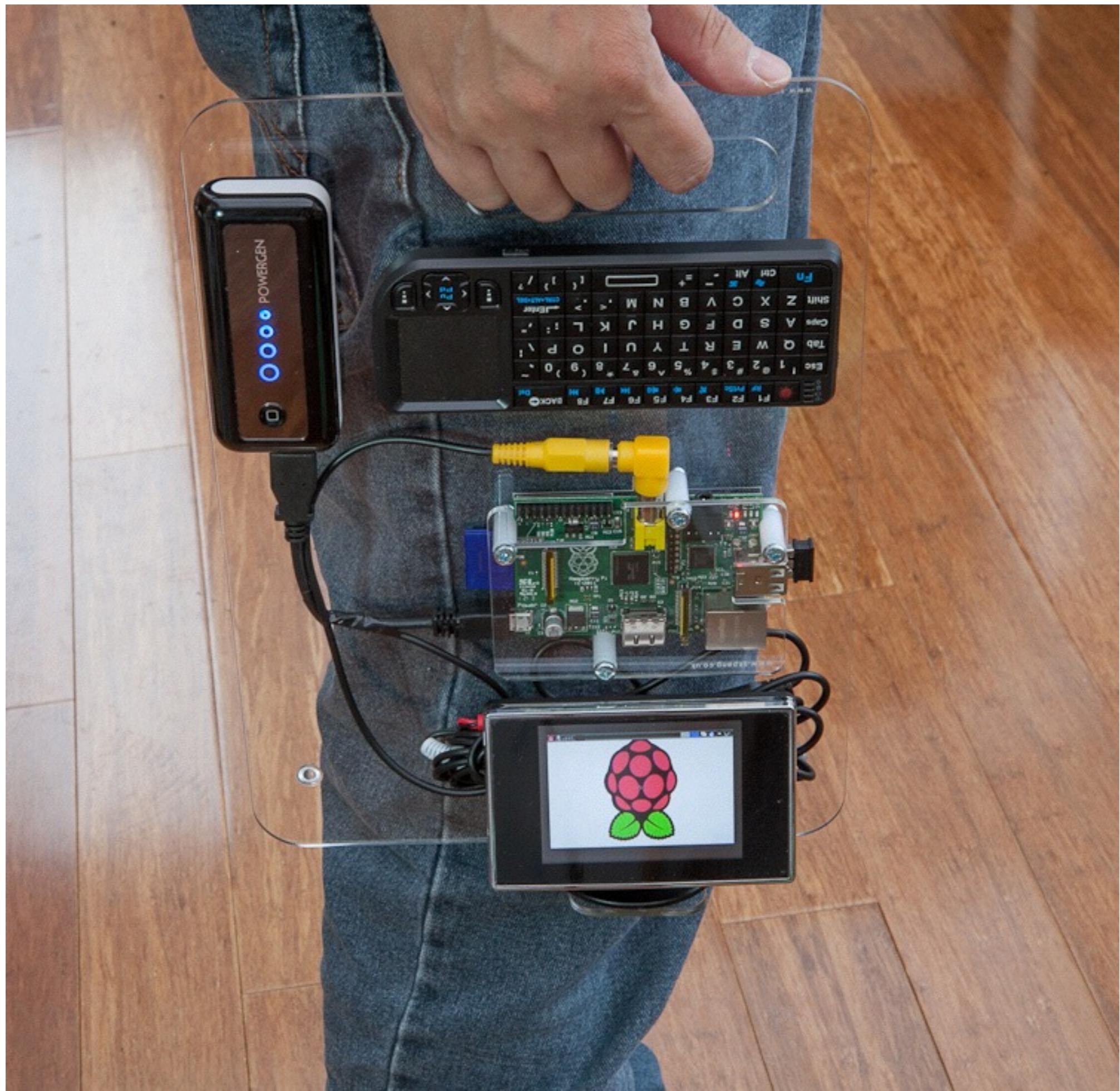
- The Raspberry Pi (short: RPi or RasPi) is an ultra-low-cost credit-card sized Linux computer which was conceived with the primary goal of teaching computer programming to children. It was developed by the Raspberry Pi Foundation, which is a UK registered charity.



HW spec.

	Model A	Model B
Target price: ^[1]	US\$25 Ext tax (GBP £16 Exc VAT)	US\$35 Ext tax (GBP £22 Exc VAT)
System-on-a-chip (SoC): ^[1]	Broadcom BCM2835 (CPU + GPU. SDRAM is a separate chip stacked on top)	
CPU:	700 MHz ARM11 ARM1176JZF-S core	
GPU:	Broadcom VideoCore IV, OpenGL ES 2.0, OpenVG 1080p30 H.264 high-profile encode/decode	
Memory (SDRAM)iB	256 MiB (planned with 128 MiB, upgraded to 256 MiB on 29 Feb 2012)	256 MiB (until 15 Oct 2012); 512 MiB (since 15 Oct 2012)
USB 2.0 ports:	1 (provided by the BCM2835)	2 (via integrated USB hub)
Video outputs: ^[1]	Composite video Composite RCA, HDMI (not at the same time)	
Audio outputs: ^[1]	TRS connector 3.5 mm jack, HDMI	
Audio inputs:	none, but a USB mic or sound-card could be added	
Onboard Storage:	Secure Digital/SD / MMC / SDIO card slot	
Onboard Network: ^[1]	None	10/100 wired Ethernet RJ45
Low-level peripherals:	General Purpose Input/Output (GPIO) pins, Serial Peripheral Interface Bus (SPI), I ² C, I ² S ^[2] , Universal asynchronous receiver/transmitter (UART)	
Real-time clock: ^[1]	None	
Power ratings (provisional, from alpha board):	500 mA, (2.5 W) ^[1]	700 mA, (3.5 W)
Power source: ^[1]	5 V (DC) via Micro USB type B or GPIO header	
Size:	85.0 x 56.0 mm (two different boards, measured with callipers)	





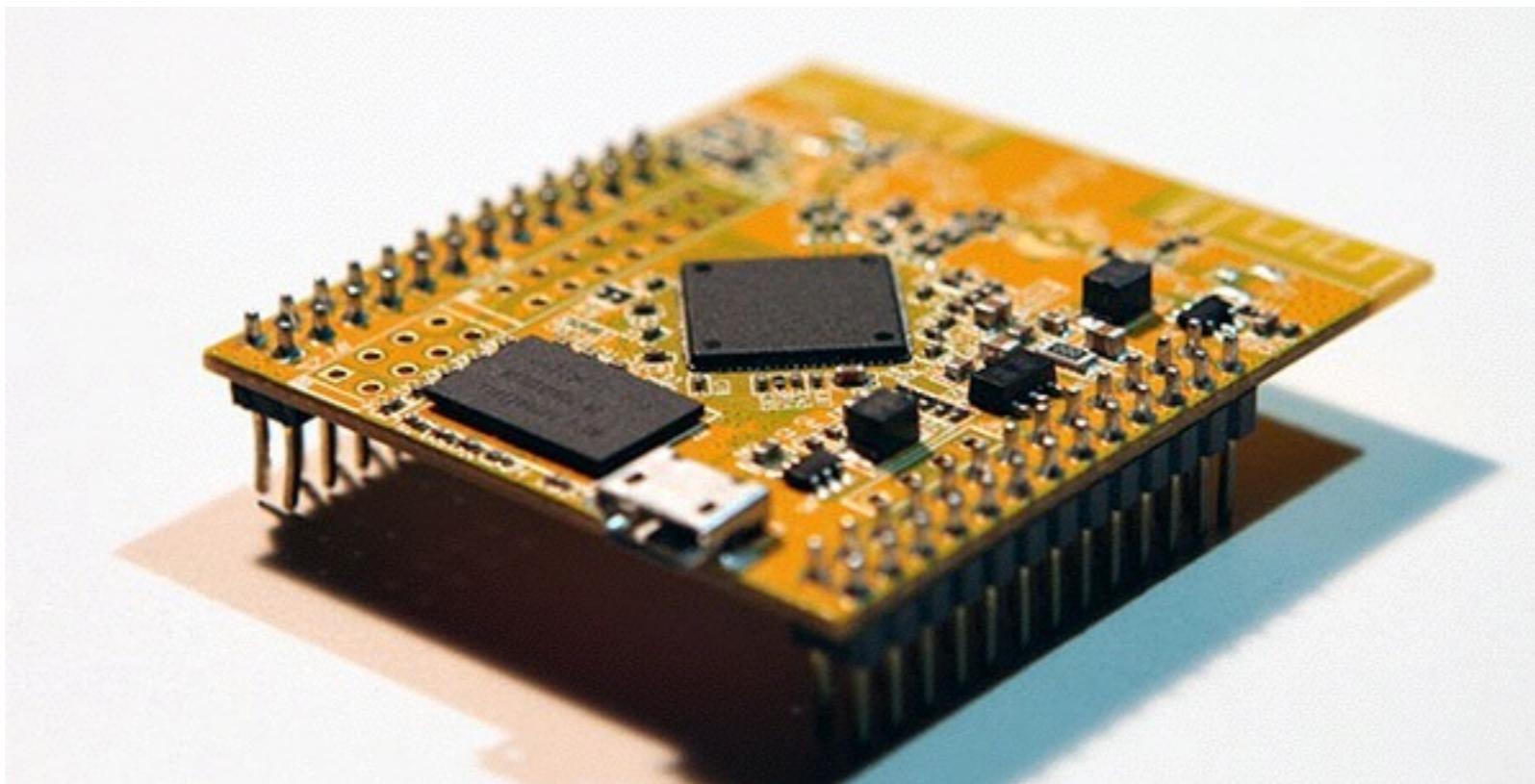




RPi to us

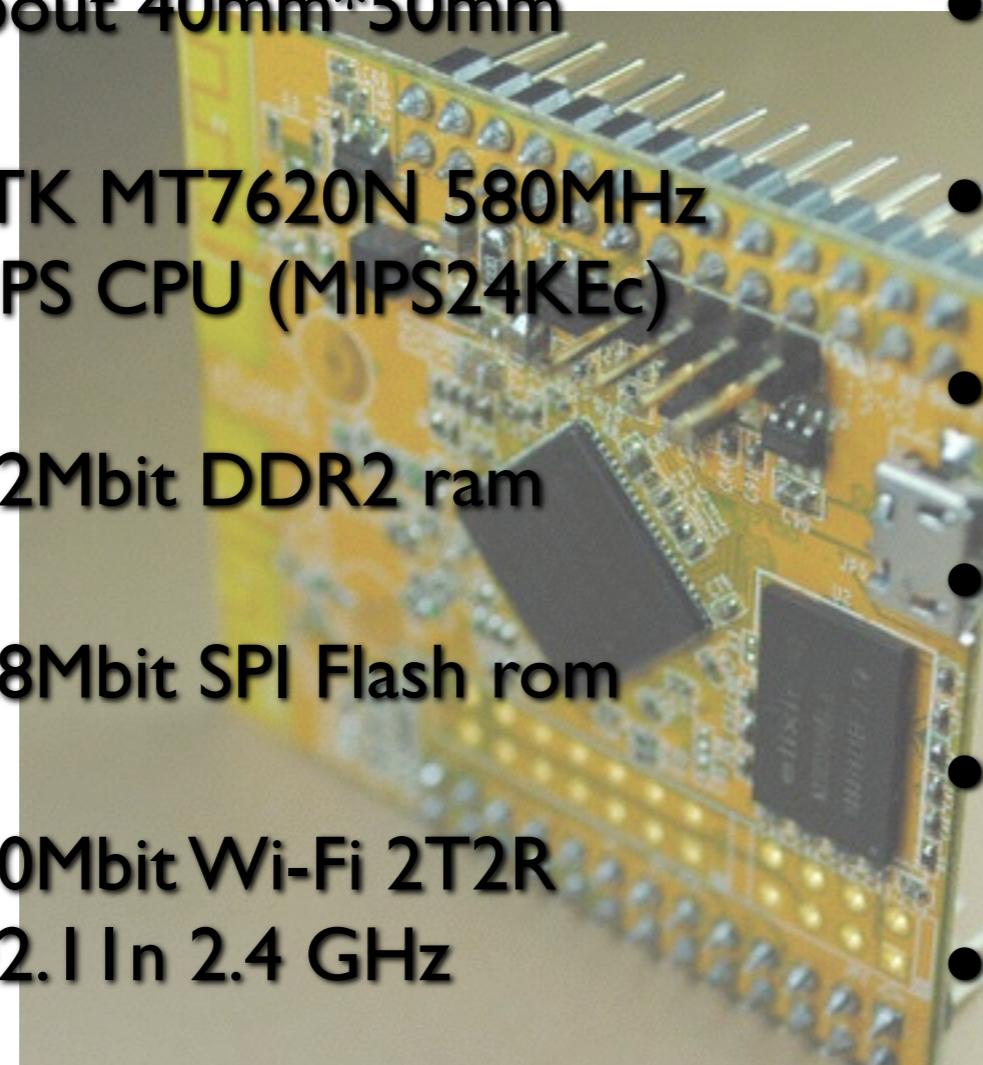
- 一个Linux机器，可以折腾
- 一个ARM开发板，可以学ARM汇编
- 有GPIO，可以做物理计算

实验平台III



- www.wrtnode.com

WRTnode

- About 40mm*50mm
 - MTK MT7620N 580MHz MIPS CPU (MIPS24KEc)
 - 512Mbit DDR2 ram
 - 128Mbit SPI Flash rom
 - 300Mbit Wi-Fi 2T2R 802.11n 2.4 GHz
 - 23GPIOs
 - JTAG
 - SPI
 - UART Lite
 - USB2.0
 - OpenWrt on Linux kernel 3.10.44
- 

三者比较

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

Why not?

- 虚拟机：没有GPIO
- 安卓机：没有GPIO
- Arduino：没有OS

课程网站

- <http://fm.zju.edu.cn>

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。

实验小组

- 我们和蔡铭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周三或周的实验课
- 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
- 有一些任务，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

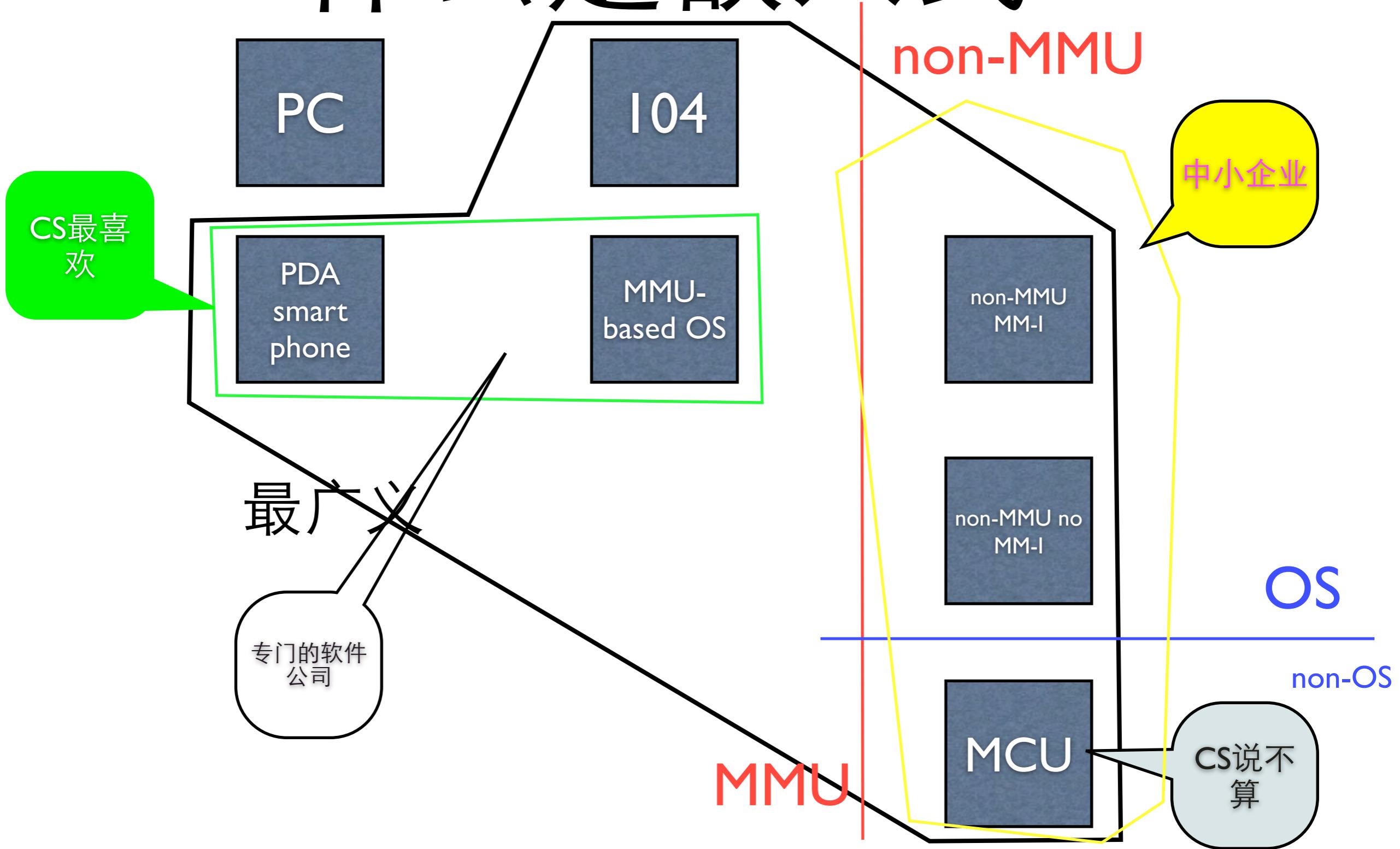
- 技术博客 5分
 - 第二周结束前（3月21日）告知博客URL，公布在fm上
 - 最后一周开始前确定有资格参加投票的博客
 - 最后一次实验课（7月8日）投票，前10名有加分

实验器材

- 每人领一套实验器材，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

什么是嵌入式

什么是嵌入式



纯软件的嵌入式

- 基于在非PC上运行的Linux、iOS、Android、MS Mobiles(WinCE)、Symbian等OS，用C、C++、Java等编程
- 基本不需要理解硬件

有点硬 - Linux

- 当需要在新硬件平台移植Linux，或
- 需要写新外部设备的驱动，或
- 需要写bootloader等时
- 软件为主，懂一些硬件知识

更硬一点 – VxWorks

- ucLinux等无MMU支持的POSIX OS，或
- ucOS等纯应用不支持POSIX的OS
- 这类OS实际是一个函数库，支持多线程
- 需要懂硬件知识

很硬了 - 裸机

- 直接在MCU上写没有OS支持的系统
 - 程序就是一个大循环 + 若干中断响应程序
 - 没有多线程
- 需要充分理解MCU及外部设备

比较

形式	学习难度	硬件知识	就业机会
纯软	1	1	2
嵌入Linux	4	4	1
嵌入OS	2(3)	3	3
无OS	3(2)	4	4

什么是嵌入式系统

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



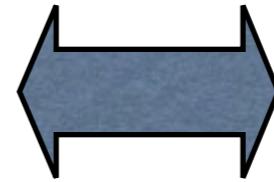
嵌入式系统与桌面通用系统的区别(1/7)

□ 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 $\mu s \sim ms$ 级，如数控机床、医疗仪器；
 - 一般实时：响应时间 $ms \sim s$ 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。

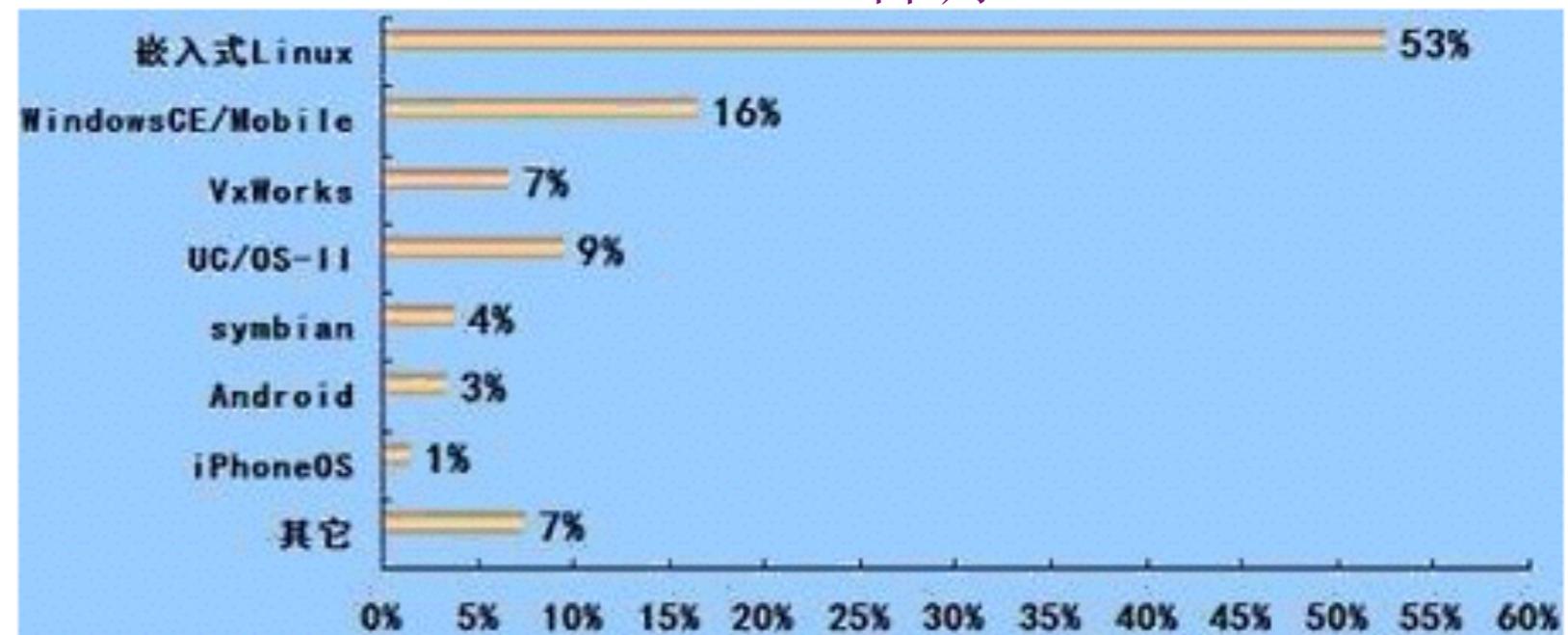
嵌入式系统与桌面通用系统的区别(3/7)

- 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的数量众多
- 嵌入式Linux
- VxWorks
- Win CE/WinPhone
- uc/os II
- Android
- iPhoneOS

实时操作系统使
用情况统计

□ 国产嵌入式实时操作系统

- HOPEN
- DeltaOS
- SmartOS
- SZOS (神舟OS)



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，造成两人死亡、多人受伤的重大医疗事故
- 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

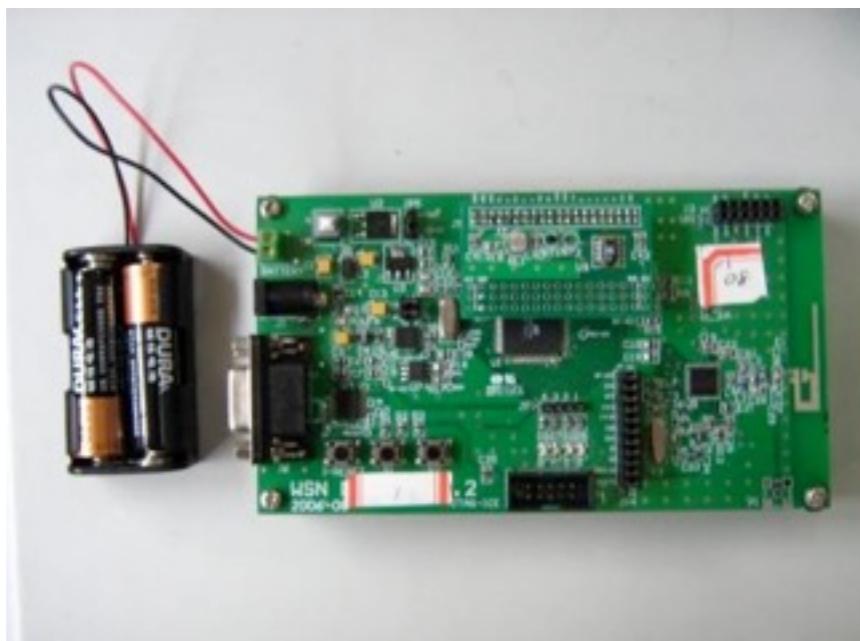
□ 嵌入式系统运行的环境恶劣

- 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



内核大小: **2K**

□ 嵌



内存使用: **500byte**



系统启动: 300时钟周期



任务切换: 20时钟周期

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



有人说

- 一般情况下，嵌入式开发操作系统可以分为两类，一类是面向控制、通信等领域的实时操作系统，如windriver公司的vxworks、isi的psos、qnx系统软件公司的qnx、ati的nucleus等；另一类是面向消费电子产品的非实时操作系统，这类产品包括个人数字助理(pda)、移动电话、机顶盒、电子书、webphone等。

是否属于嵌入式系统的标志

- 能否在运行时刻由用户方便地装载新的应用程序来运行
 - PC不是嵌入式系统
 - 服务器不是嵌入式系统
 - 智能手机不是嵌入式系统
 - 平板电脑不是嵌入式系统
 - 非智能手机是嵌入式系统
 - 路由器是嵌入式系统
 - 专用PC？专用平板电脑？
 - 能运行脚本（lua）的设备？

有没有屏幕
有没有交互
有没有网络
有没有OS

构建嵌入式系统时的选择

在通用硬件上运行的软件
专用硬件

实现	设计成本	产品成本	升级和改错	大小	重量	功耗	系统运行速度
分立逻辑	低	中等	困难	大	重	?	非常快
ASIC	高(\$500K/每组掩膜)	非常低	困难	微小 – 1个硅片	非常轻	低	极快
可编程逻辑 – FPGA, PLD	低	中等	容易	小	轻	中等到高	非常快
微处理器 + 内存 + 外围器件	低到中等	中等	容易	小到中等	轻到中等	中等	中等
单片机（片内内存和外围部件）	低	中等到低	容易	小	轻	中等	慢速到中等
嵌入式PC	低	高	容易	中等	中等到重	中等到高	快

本课程所限定的嵌入式系统

- 不包括简单逻辑控制设备
- 不包括商用GUI终端（手机、Pad等）
- 嵌入式Linux不是嵌入式OS的主流
- 在Linux之外我们会学习其他RTOS，它们也不一定比Linux更有前途，但是值得你知道

嵌入式系统历史

嵌入式系统的发展历程

- 嵌入式系统出现于20世纪60年代，40多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器问世之后：

- 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
 - 神舟飞船：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2千亿美元；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%。



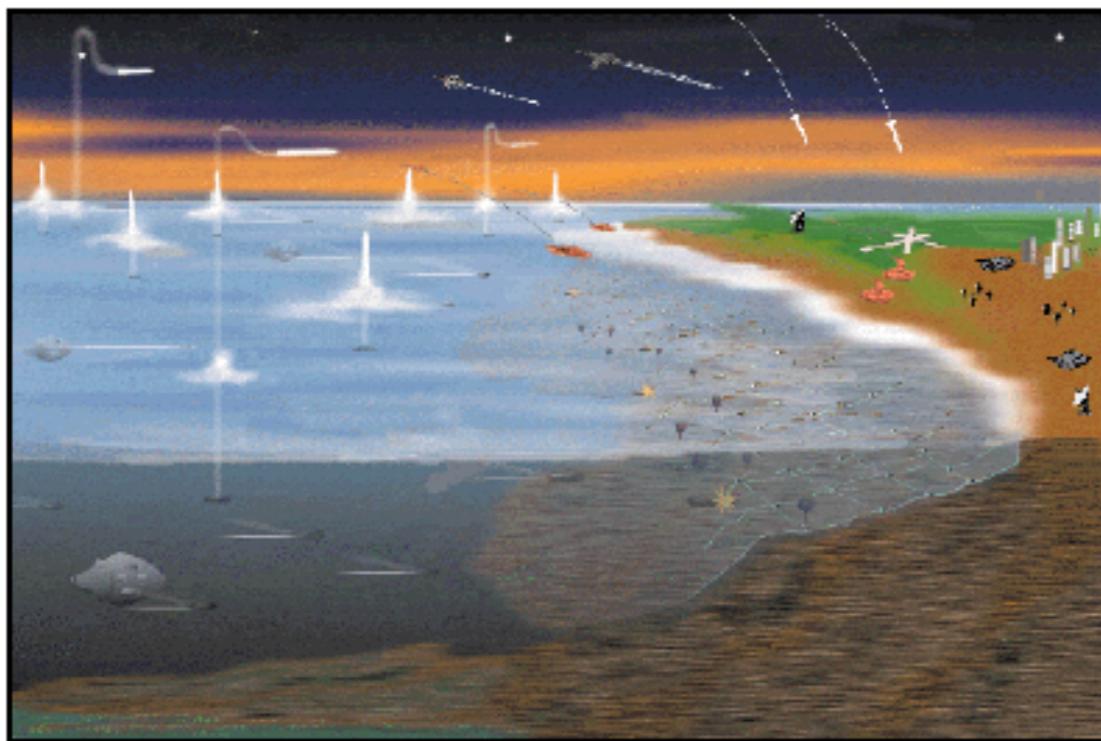
中国嵌入式软件发展

- 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



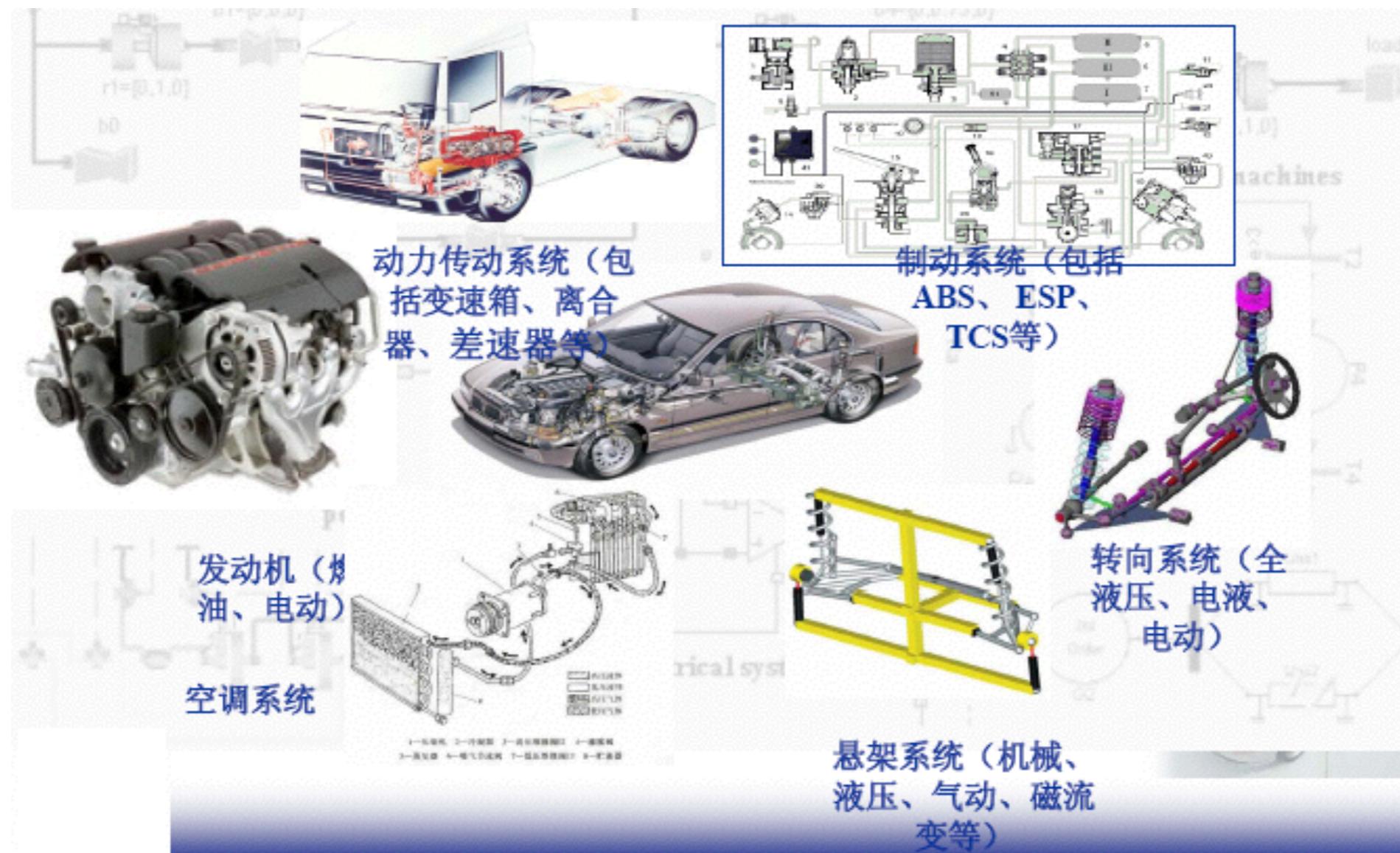
大鹏岛—Intel



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)

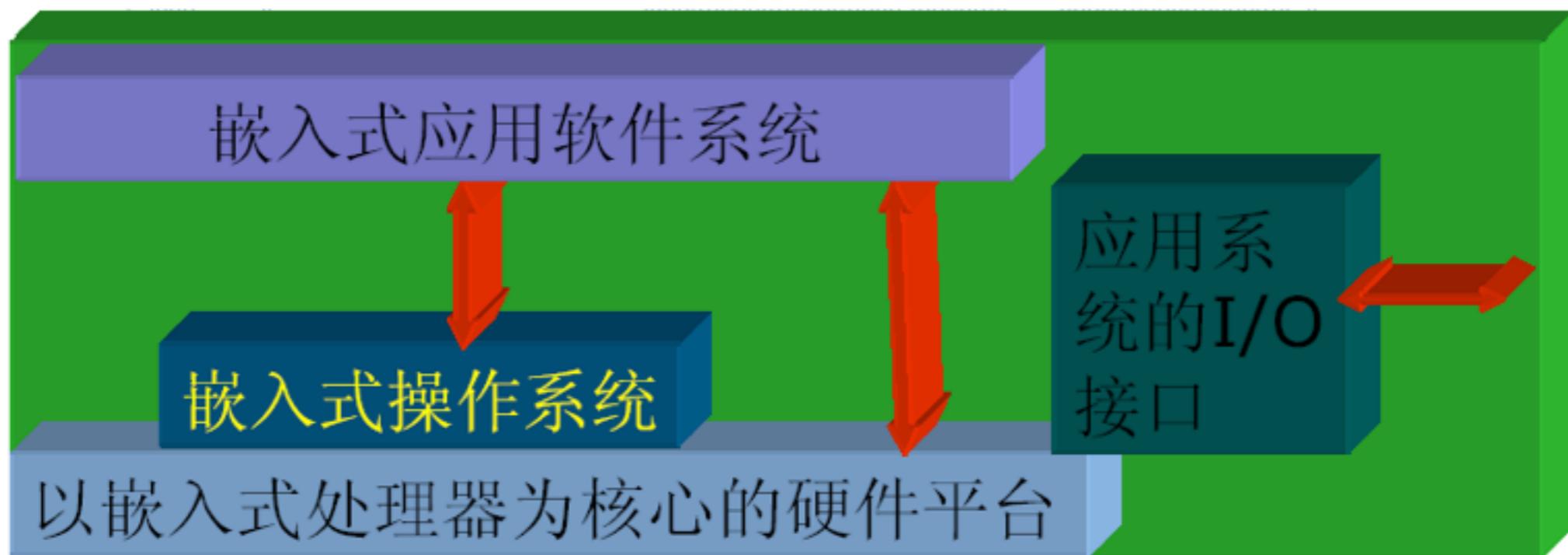
□多学科交叉融合，机、电、液、控、热等软、硬件等多物理领域对象高度集成与融合，复杂机电产品的协作（同步）开发



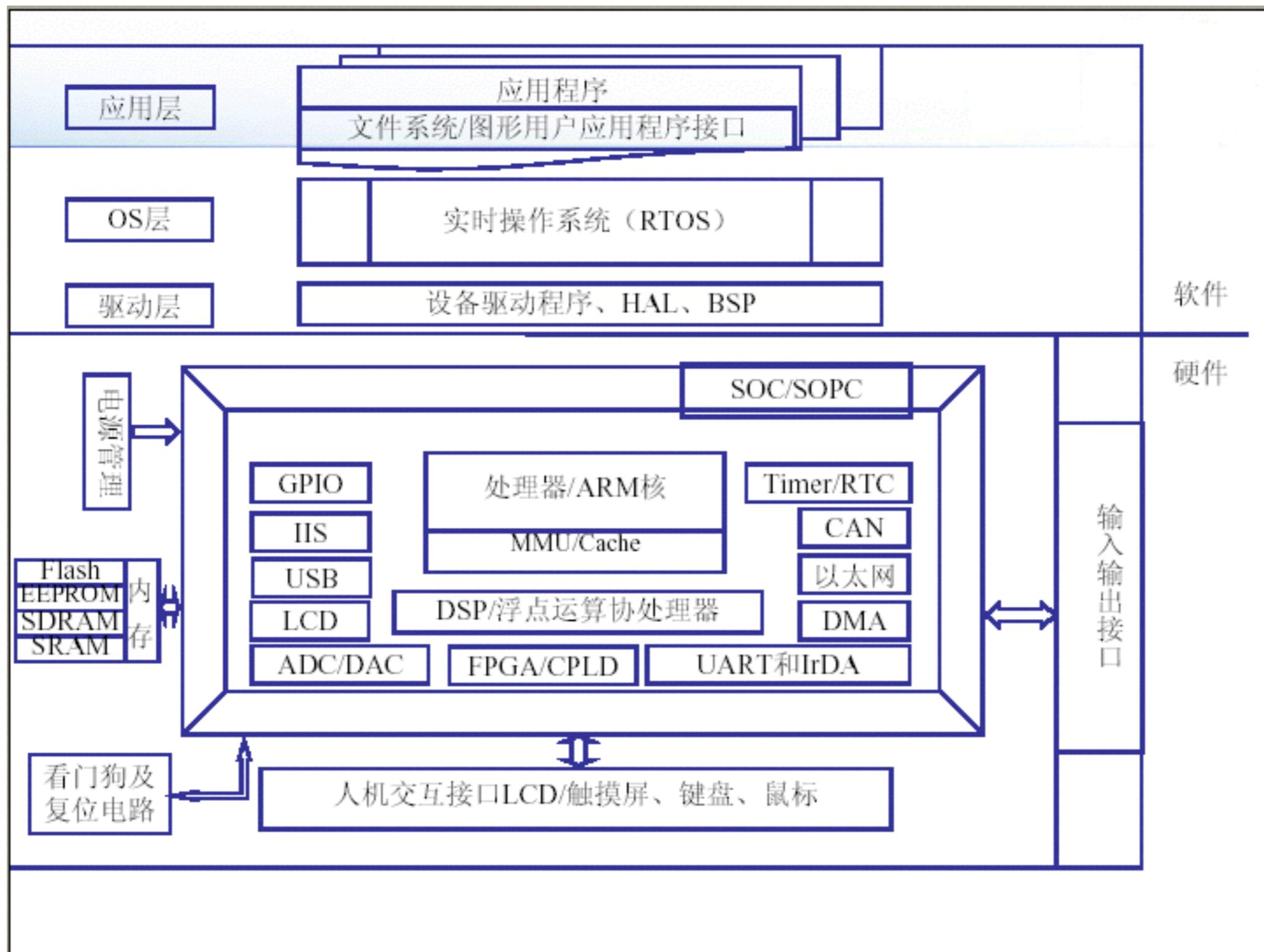
嵌入式系统结构

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



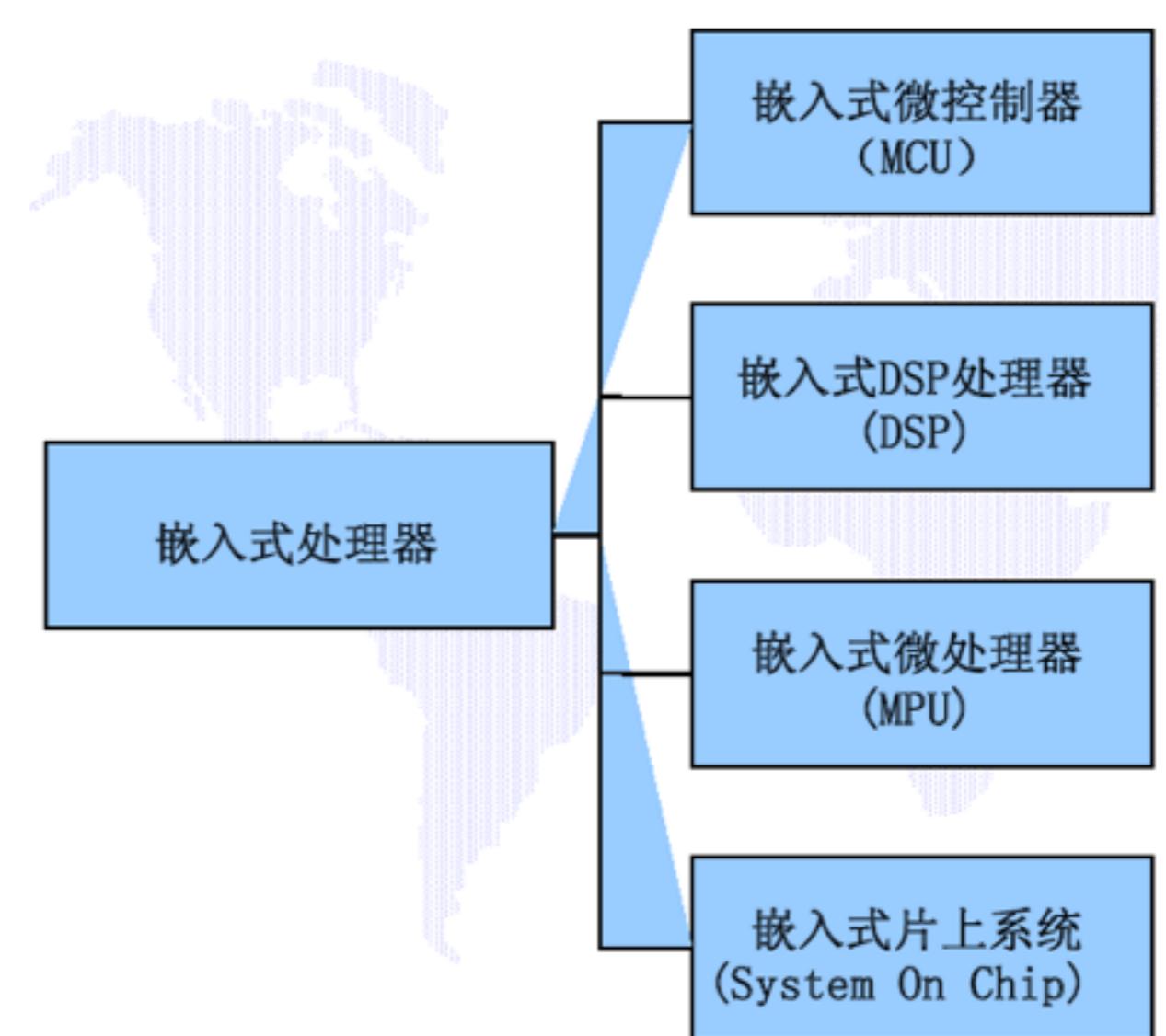
一个典型的嵌入式系统应用



嵌入式微处理器

□ 1000多种硬件处理器，分为MCU、DSP、MPU、SOC

- ARM RISC (ARM)
- TMS320 DSP (TI)
- Trimedia (Philips)
- StrongARM (Intel)
- Xscale (Intel)
- MIPS RISC (MIPS)
- DragonBall (Motorola)



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E poc、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

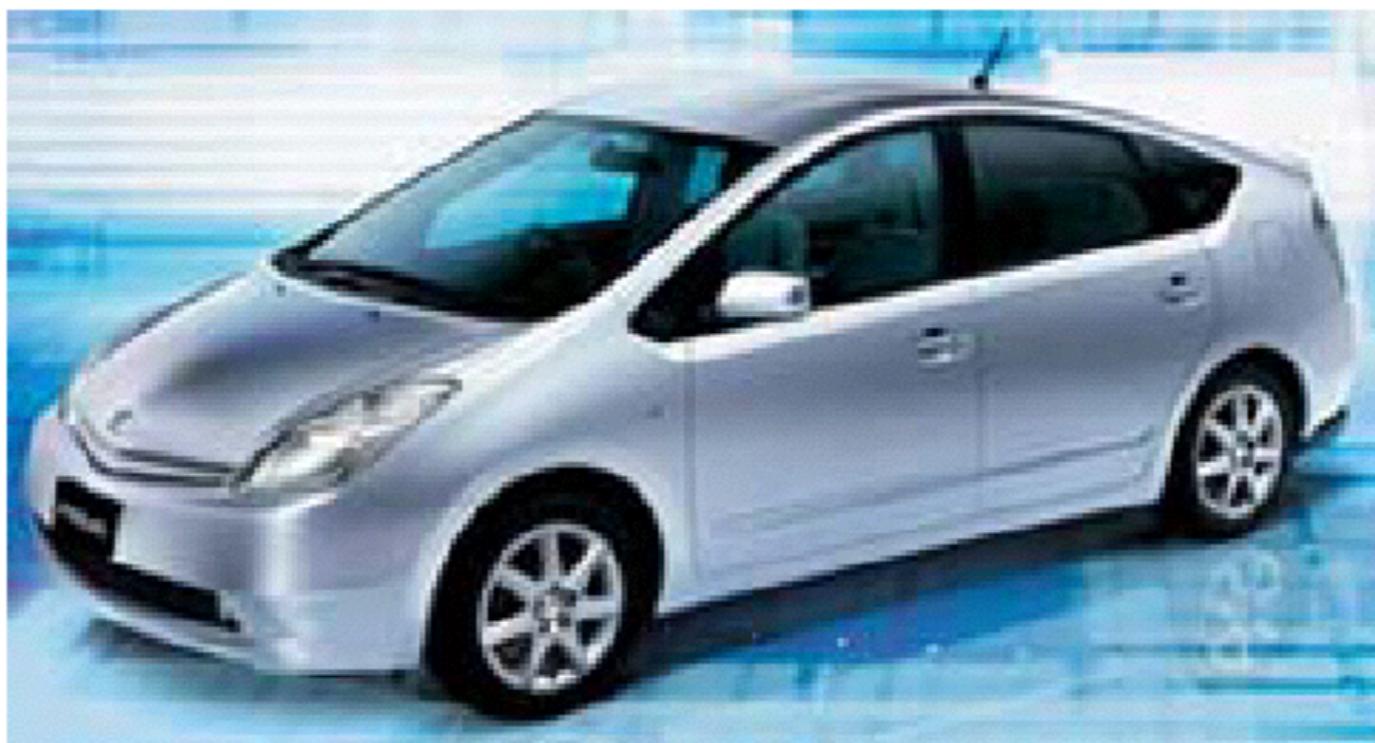
- 内核大小：几K~几百K；
- 调度时间片：1ms；
- 实时任务响应时间：20~40微妙
- 一般任务响应时间：20微妙~几百毫秒

嵌入式系统的例子：自行车码表

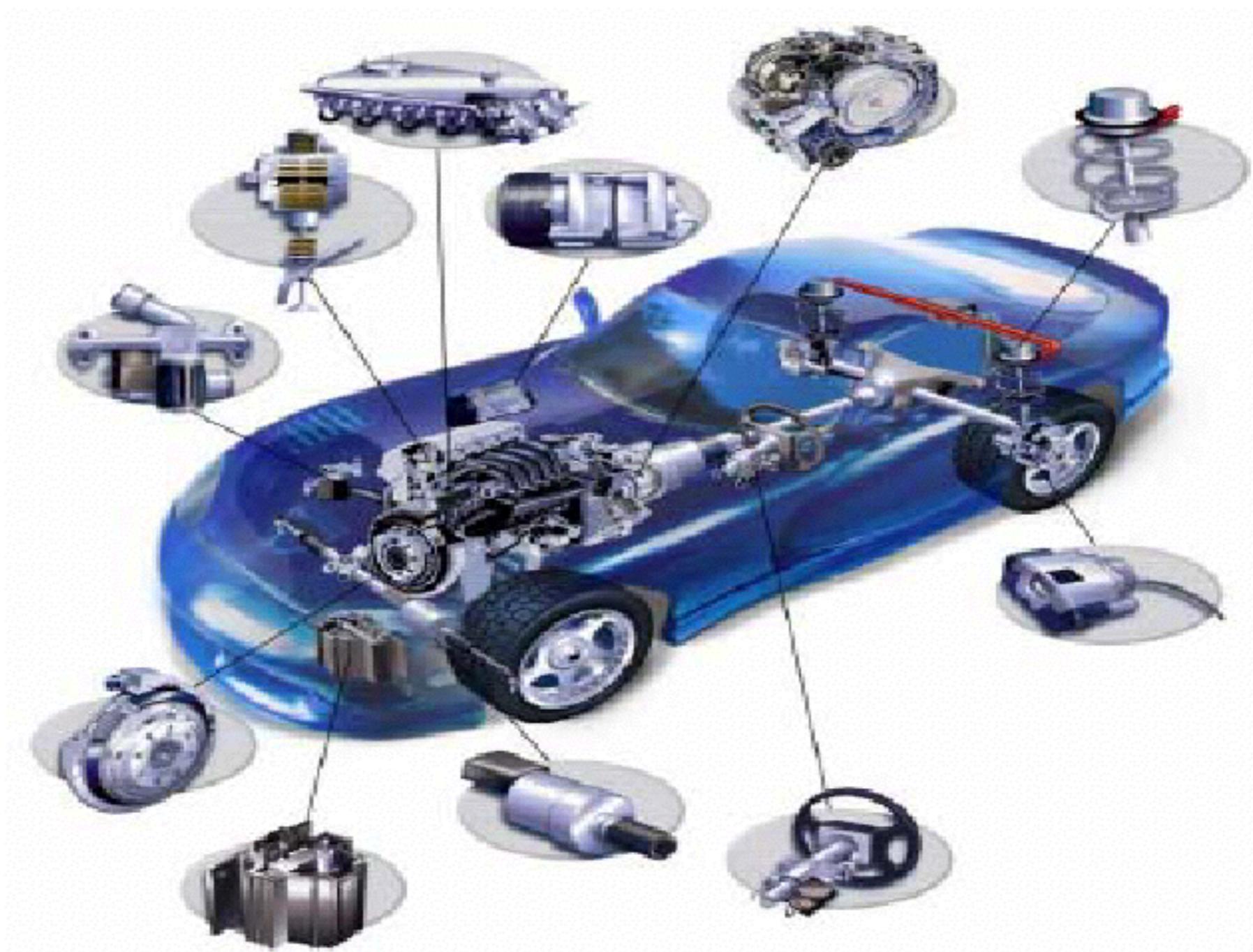
- 功能
 - 速度和距离的测
 - 约束
 - 大小
 - 成本
 - 能耗
 - 重量
 - 输入
 - 钢圈旋转检测
 - 模式按钮
 - 输出
 - 液晶显示器
 - 低性能MCU
 - 8-bit, 10 MIPS



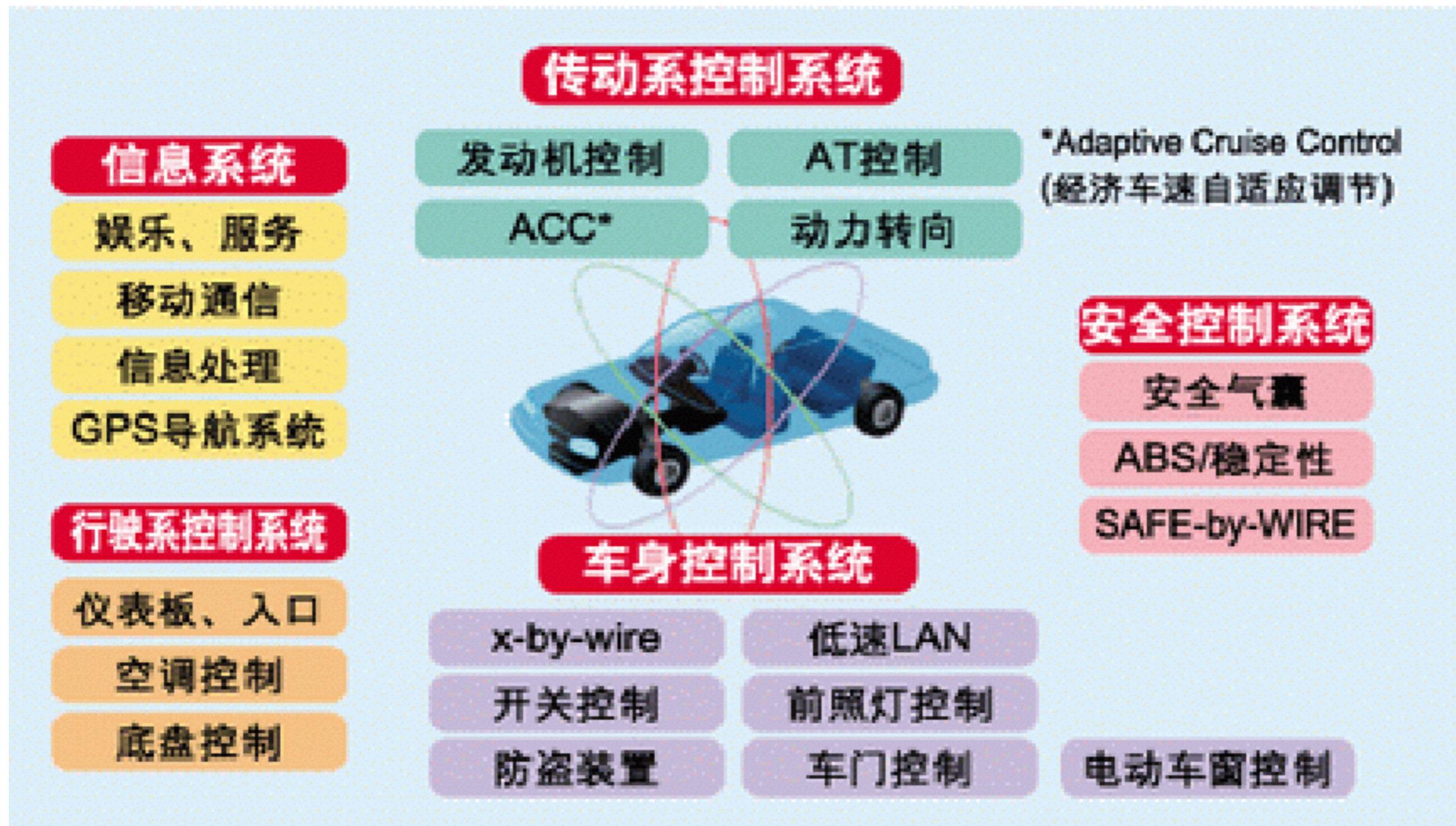
一个应用实例——汽车电子



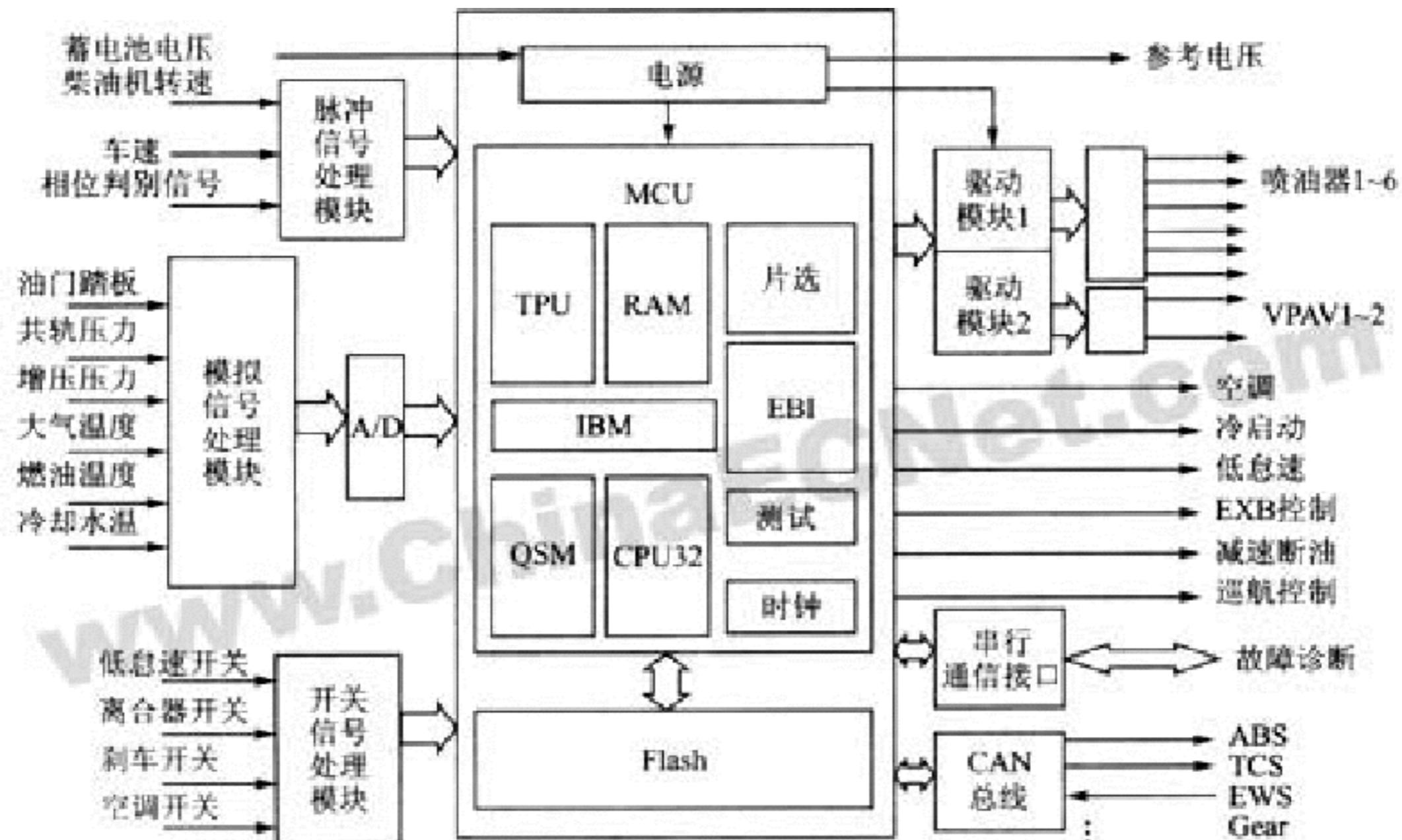
汽车电子是一个复杂系统



汽车电子系统构成



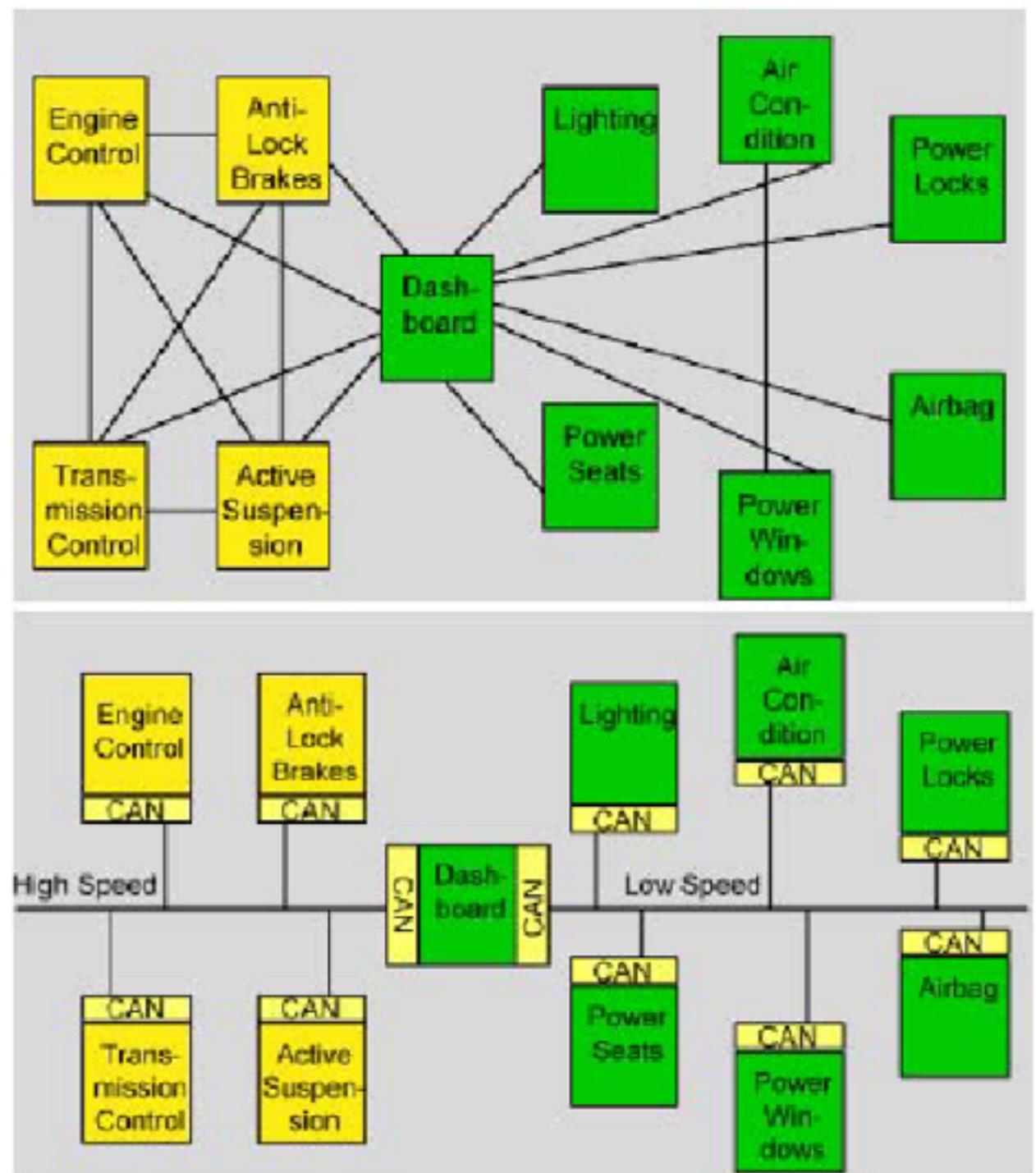
发动机电子控制单元



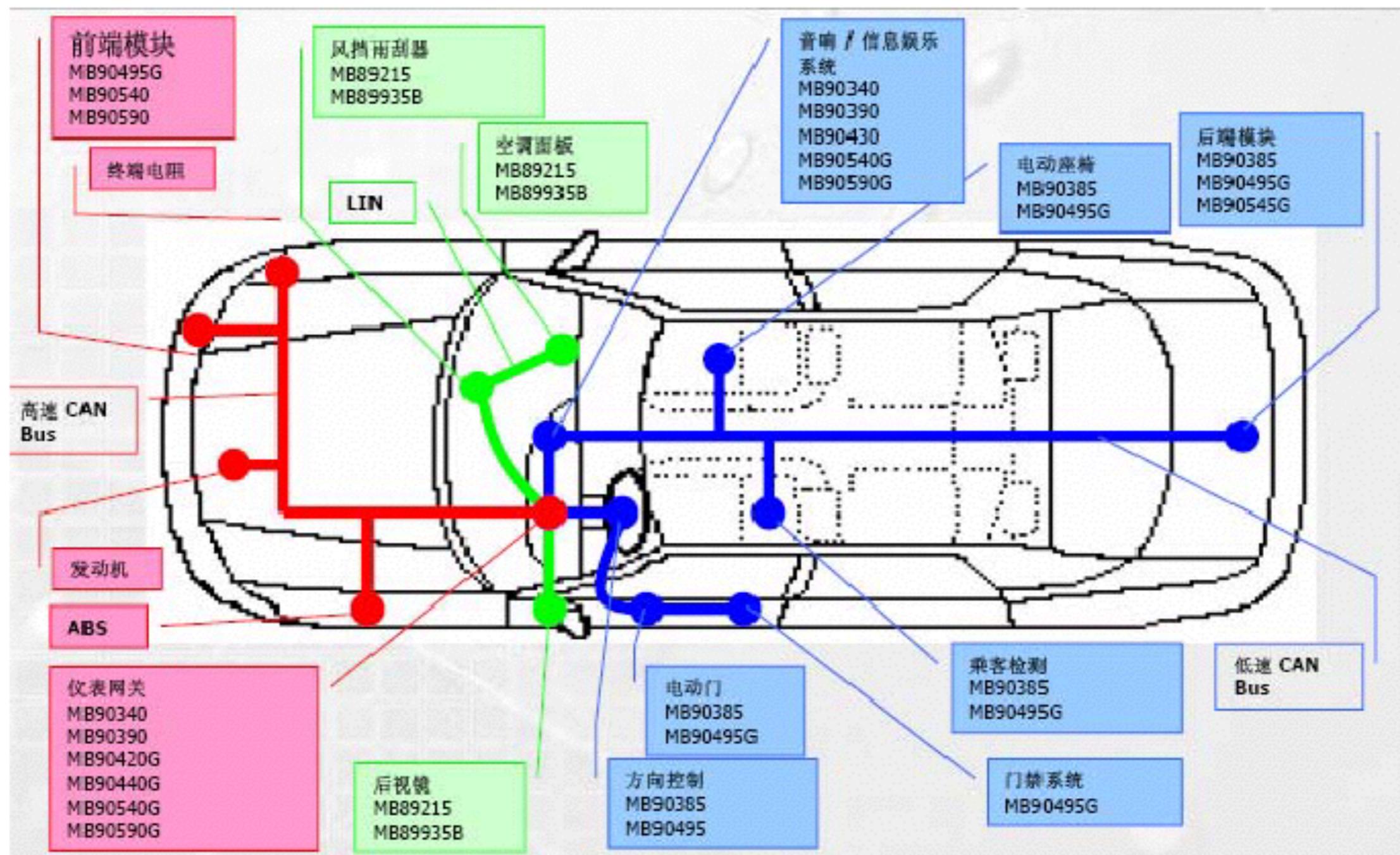
汽车总线CAN/LIN——汽车网络化

□ 网络化的优点

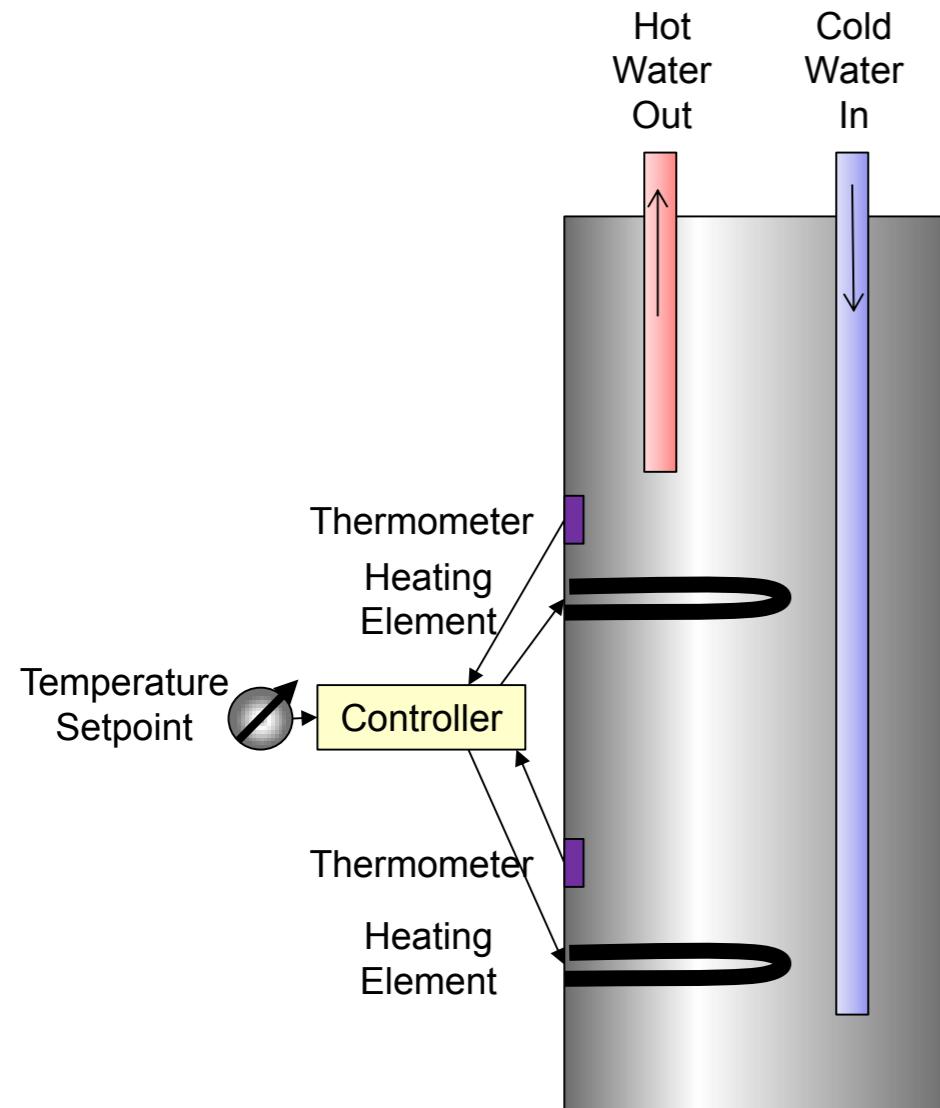
- 减少线束
- 数据共享
- 减少传感器
- 提供更多的辅助驾驶信息



汽车网络化布局示例



电热水器



- 嵌入式系统：由计算机检测温度，决定加热元件开关
- 控制电路系统：由电压比较器比较温度和设定值两个电压，决定加热元件开关
- 电工系统：由双金属热耦元件在到达设计温度时断电

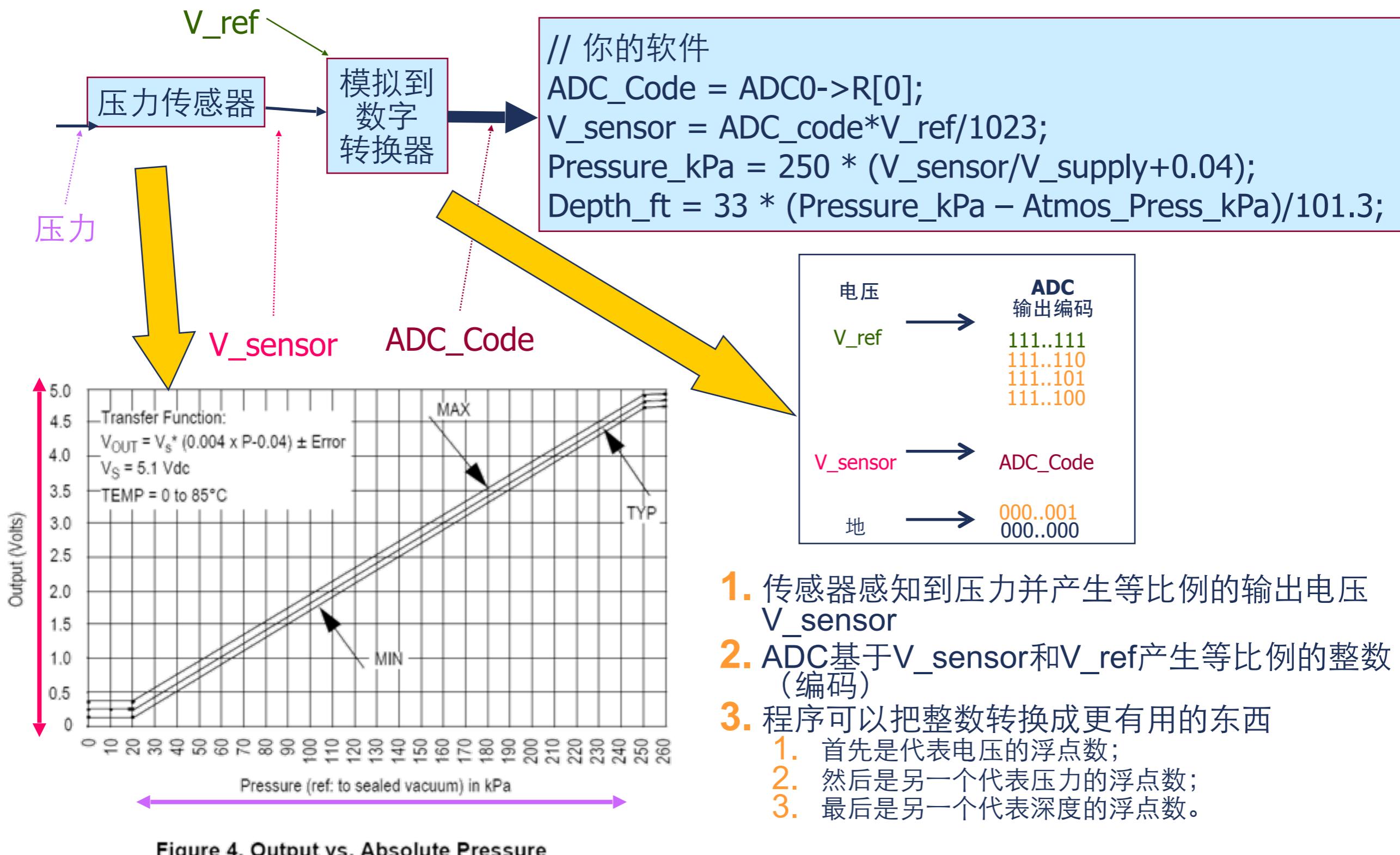
嵌入式热水器系统

- 新功能不需要额外的硬件就可以用软件实现（防冻）
- 如果控制器能够具有时间数据，可以设计软件实现的节能功能（夜间关闭、峰谷电）
- 如果加上互联网连接，可以设计软件实现的功能（远程监控、提前烧水、电网调峰）

嵌入式计算机系统的优劣势

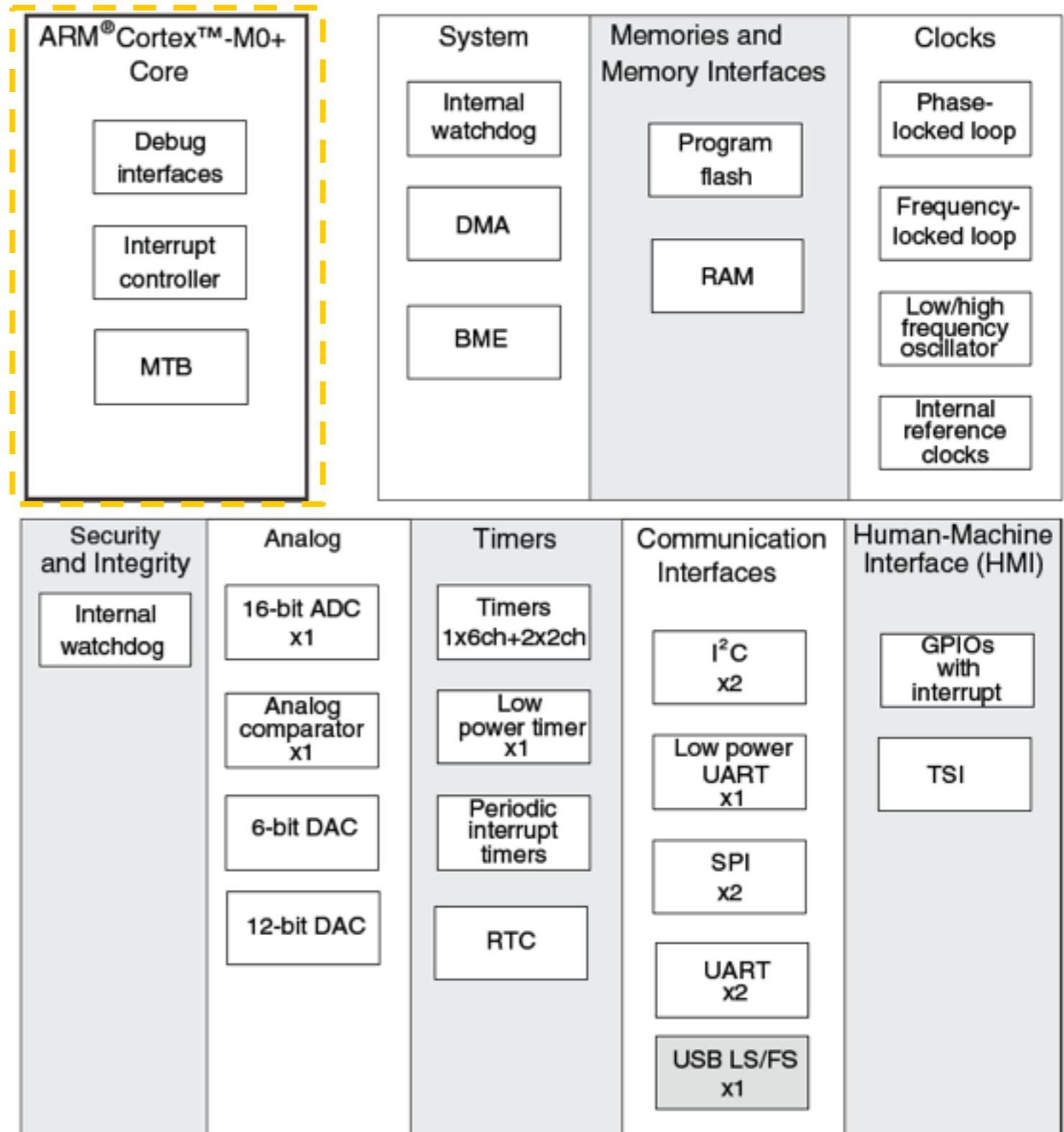
- 优异的性能和效率
 - 软件使得它可以实现精密的控制
- 较低的成本
 - 可以使用较廉价的元件
 - 降低了制造成本
 - 降低了运营成本
 - 降低了维护成本
- 更多功能
 - 许多功能用其他方法是不可能或不现实的
- 更好的可靠性
 - 可以弥补失效的具有自适应性的系统
 - 有更好的诊断手段来改进维修时间

模拟传感器的例子——深度表



单片机vs. 微处理器

- 都有执行指令的CPU
- 单片机有外围部件同时来做嵌入式接口和控制
 - 模拟
 - 非逻辑电平的信号
 - 定时
 - 产生时钟信号
 - 通信
 - 点对点
 - 网络
 - 可靠性和安全性

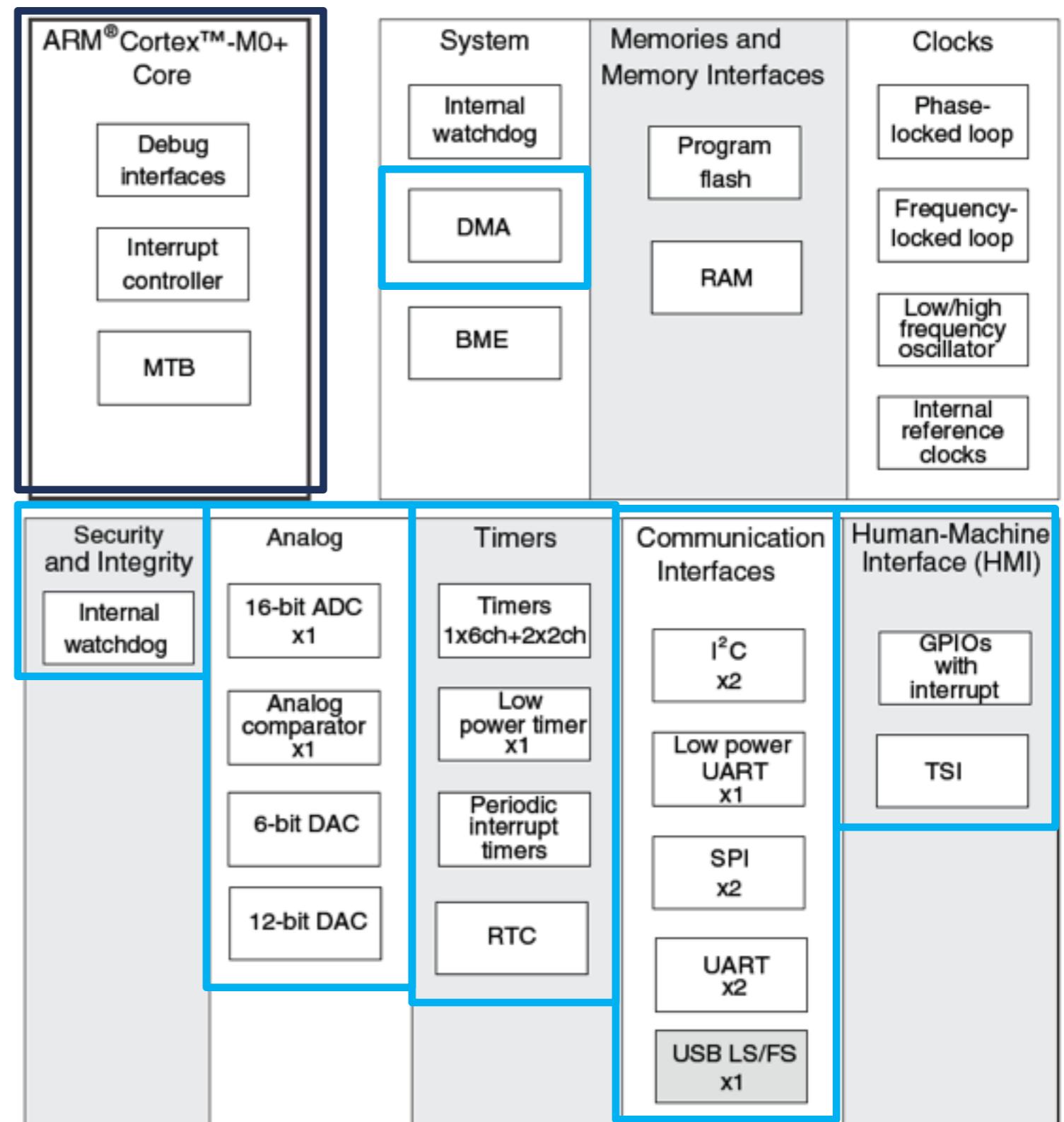


嵌入式系统的属性

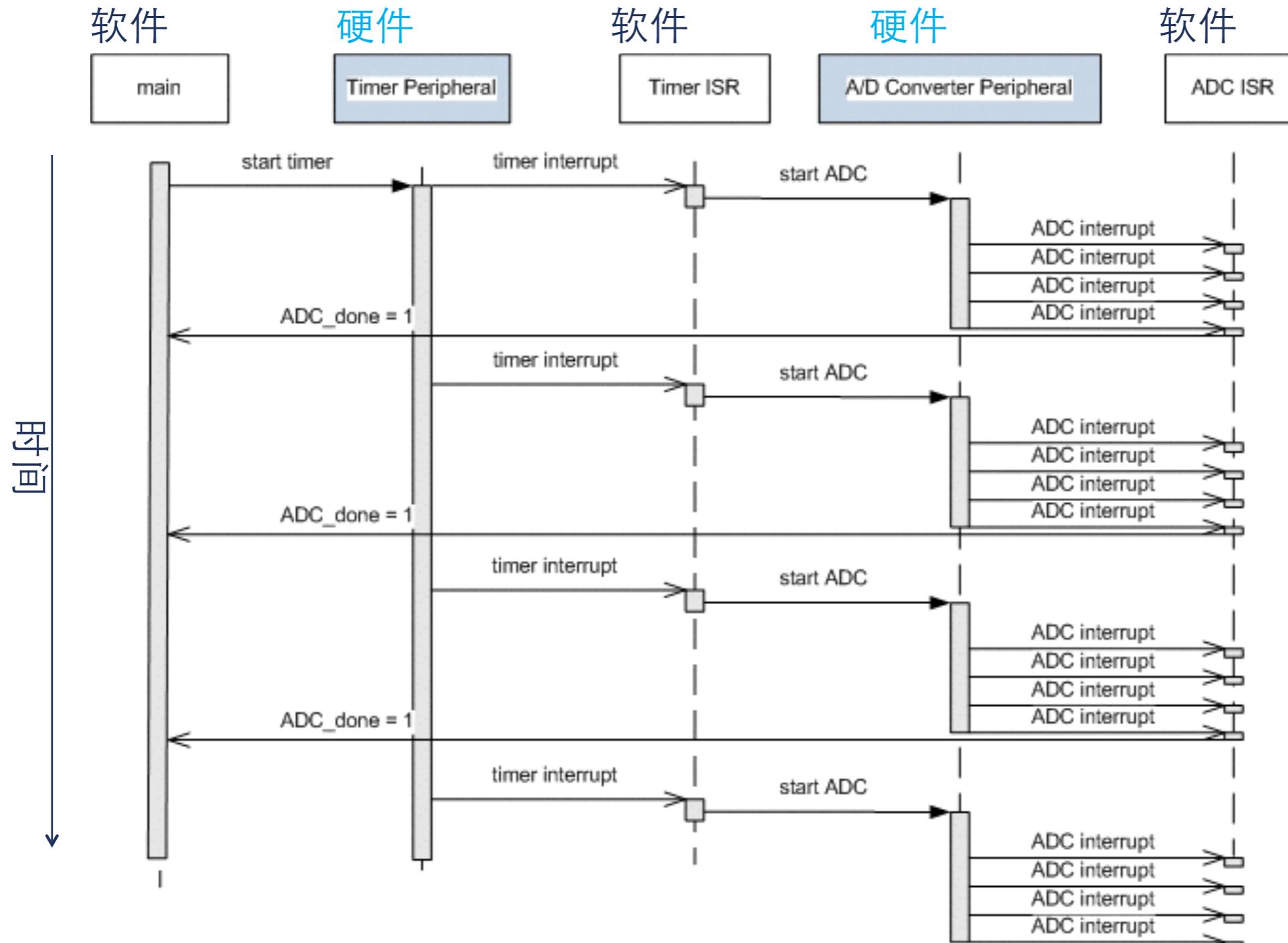
- 并行、响应式行为
 - 必须响应连续和混合的事件
 - 实时系统对于响应有底限要求
 - 通常必须并行处理多个独立的任务

支持并行的MCU硬件和软件

- CPU执行一个或多个线程的指令
- 特殊的硬件外围部件实现专门的并行处理
 - DMA – 在内存和外围器件之间传输数据
 - 看门狗定时器
 - 模拟接口
 - 定时器
 - 与其他器件通信
 - 检测外部信号事件
- 外围部件用中断来通知CPU事件的发生



并行的硬件和软件操作



- 嵌入式系统既依赖硬件和外围部件也依赖软件来保证一切按时完成

嵌入式系统的属性

■ 失效处理

- 许多系统必须独立运行很长时间，需要系统处理可能的失效而不会崩溃
- 通常失效处理代码比正常情况的代码更大更复杂

■ 诊断

- 帮助维修人员快速判断问题

约束

- 成本
 - 竞争性的市场惩罚不能产生与其成本相衬的效益的产品
- 大小和重量限制
 - 移动（航空、汽车）和便携（比如手持）系统
- 功率和能耗限制
 - 电池容量
 - 散热限制
- 环境
 - 温度范围可能是-40°C到 125°C，甚至更厉害

约束的影响

- 所用的单片机（而不是微处理器）
 - 包含了与其他器件接口的外围部件，能高效地做出响应
 - 片内RAM、ROM降低了电路板的复杂度和成本
- 编程语言
 - 用C编程而不是Java（代码更小、更快，因此可以用更便宜的MCU）
 - 有些性能要求严苛的代码可能是汇编的
- 操作系统
 - 通常没有OS，但是会有简单的调度器（或只是中断 + 主代码——前/后台系统）
 - 如果用了OS，很可能倾向于使用RTOS

嵌入式软件技术

混合编程模式

- 嵌入式软件经常需要直接控制外设、进行寄存器操作等，因而较多使用高级语言、汇编语言混合编程：

嵌入式汇编

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

直接汇编调用

```
void workQAdd1
(
    FUNCPTR func, /* function to invoke */
    int arg1       /* parameter one to function */
)
{
    int level = intLock(); /* LOCK INTERRUPTS */
    FAST_JOB *pJob = (JOB *) &pJobPool [workQWriteIx];
    workQWriteIx++; /* advance write index */
    .align 4,0x90
_intLock:
    pushf
    popl %eax
    andl $0x00000200,%eax
    cli
    ret
    pJob->arg1 = arg1; /* fill in argument */
} ? end workQAdd1 ?
```

汇编调用C语言

```
pushl %ebx
movl $_usrInit,%eax
movl $_old_sysInit,%edx
pushl %edx
pushl $0
pushl $0x0008
pushl %eax
iret
```

```
void usrlInit
(
    int startType
)
{
    #if (CPU_FAMILY == SPARC)
        excWindowInit ();
    #endif

    /* configure data and instruc */

    #ifdef INCLUDE_CACHE_SUPP
        /* 1 para is instruction cache
        cacheLibInit (USER_I_CAC);
    #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 *)0x40000000;  
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);
    .....
}
```

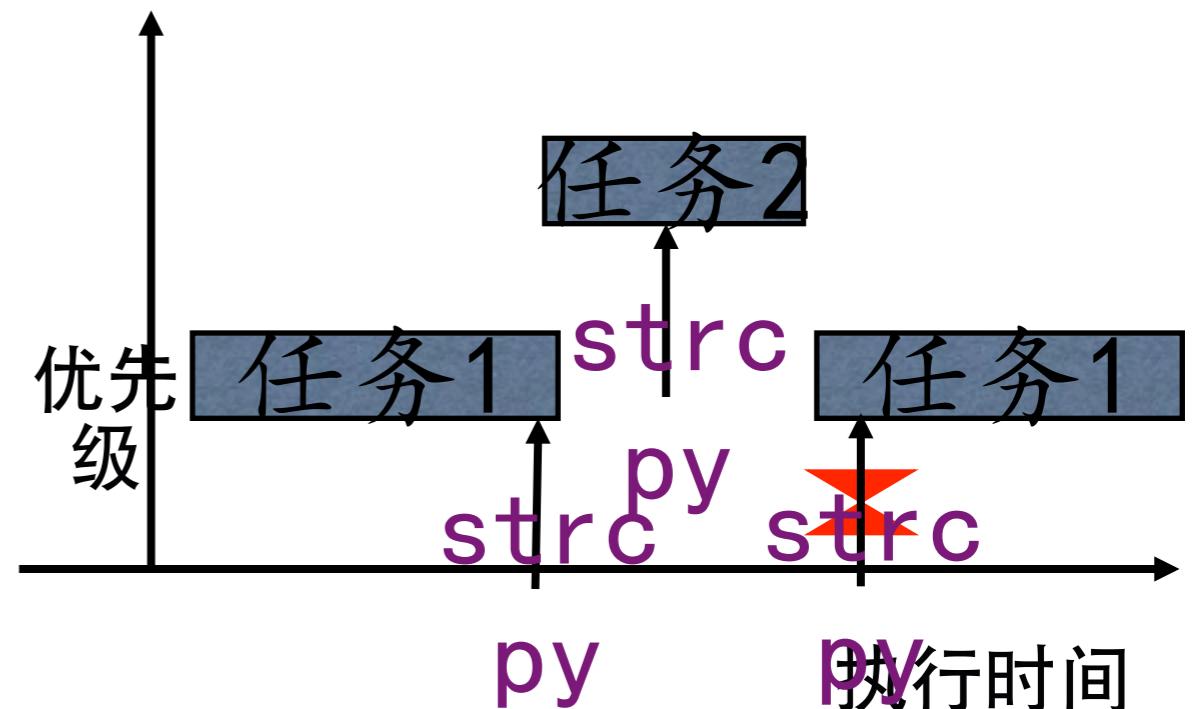
代码共享与可重入

- 在嵌入式系统中，多个任务使用子程序的一个单一拷贝是很常见，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。
- 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

嵌入式应用

嵌入式系统应用广泛

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



嵌入式技术的应用—手机

- 普通手机
- 智能手机
 - PDA
 - 电视
 - 遥控
 - 可视化



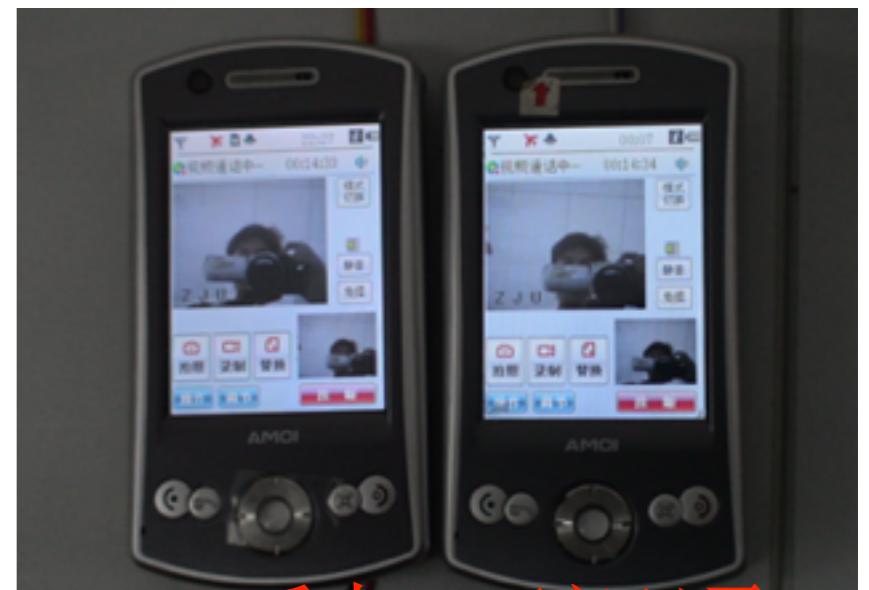
内置 DVB-H 移动
电视手机



移动视频点播



韩国电信手
机/电视遥
控器二合一



手机可视通
信系统



手机智能备
份系统



嵌入式技术的应用—智能家居

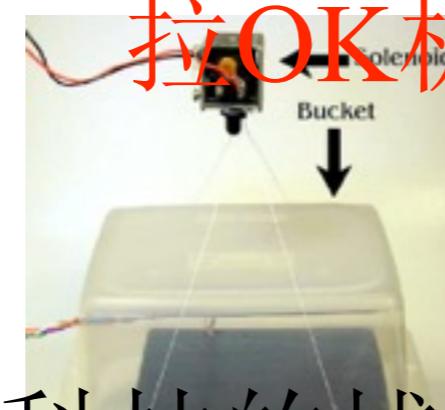
- 智能家居
- 智能家电



Roto-Rooter公司马桶
组合笔记本/ipod/冰
箱/Xbox360/健身



词”
便携式卡
拉OK机



高科技的捕鼠器
遮断红外线光束
填下签字



浙江大学智能割草机



浙江大学显示营
养智能果汁机

配备电子食谱
的锅铲coo.boo

嵌入式技术的应用—PDA



□个人信息助理 SONY GPS导航器

□掌上电脑



Dopod U1000

Nokia 6110 四频 HSDPA
/ GPS 导航器



华硕GPS导航器



实时路况车载智
能导航系统

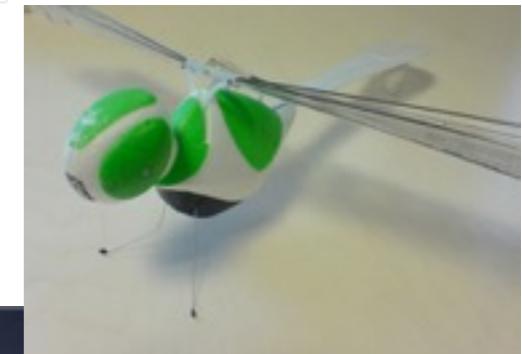
嵌入式技术的应用—多媒体终端



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



机器腿

嵌入式技术的应用—手表

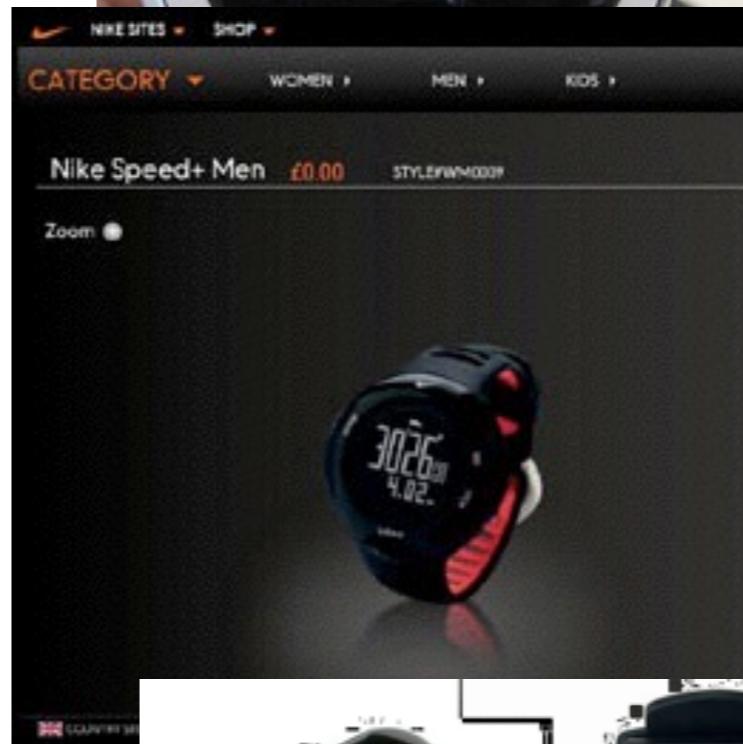
□ Martin Frey 手表

- 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

嵌入式技术的应用—PMP

□Portable Media Player



Ipod nano



Nike的
iPod 帽



Meizu M8



iLuv可即时将视频录制到iPod/
闪存卡上，与以前技术相反



IPEVO支持Skype电话



XtremeMac开发的iPod音箱



Archos带
Wifi的704



Sony家用影音综合设备

嵌入式技术的应用—办公用品

□ 录音笔

□ FLY数字笔

- 能“看懂”在专用纸上所写的内容
- 能“阅读”写作和纠正语法错误
- 完成简单的算术运算
- 将英文互相翻译成西班牙文等



□ 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
- 立体显示技术



LG内置数字录像机的 LCD TV

能输出 1080p 高画质
影像的 iPod Dock



数字电视机顶盒



嵌入式技术的应用—家庭音响



iPhone



LG HD DVD/蓝光播放器

□引入计算机技术的音响



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



Buffalo 路由器 / USB 网卡套装



VPN 产
品



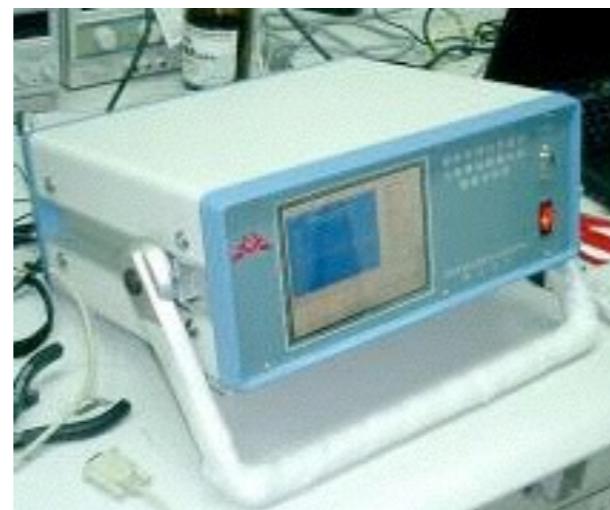
千兆网关防火墙

嵌入式技术的应用—仪器仪表

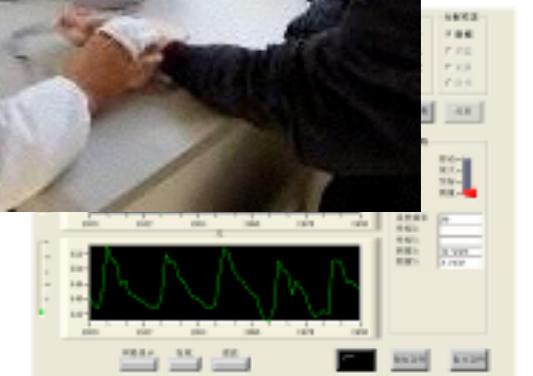
- DCG (动态心电图仪)
- 便携式多参数监护仪
- 中医指套传感器脉象虚拟仪器
- 推拿手法测试仪
- 电动机故障状态监测保护系统



手持仪



监控仪

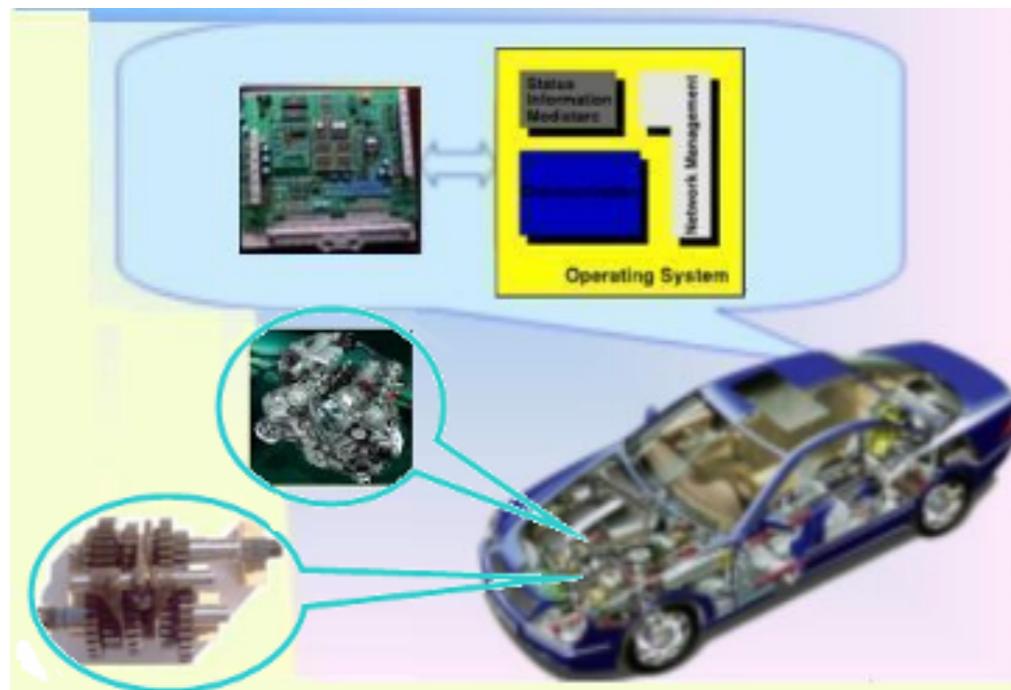


嵌入式技术的应用—交通相关

□ 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



中国版月球车



改装遮阳板 DVD / TV / MP3



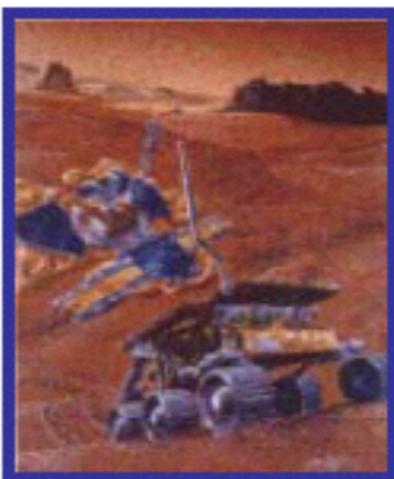
汽车立体声音
响HD Radio扩展包

嵌入式技术的应用—军工

□ 武器控制系统

□ 数字化单兵系统

- 有苛刻要求
 - 尺寸和重量
 - 功率消耗
 - 震动和冲击
 - 温度和湿度

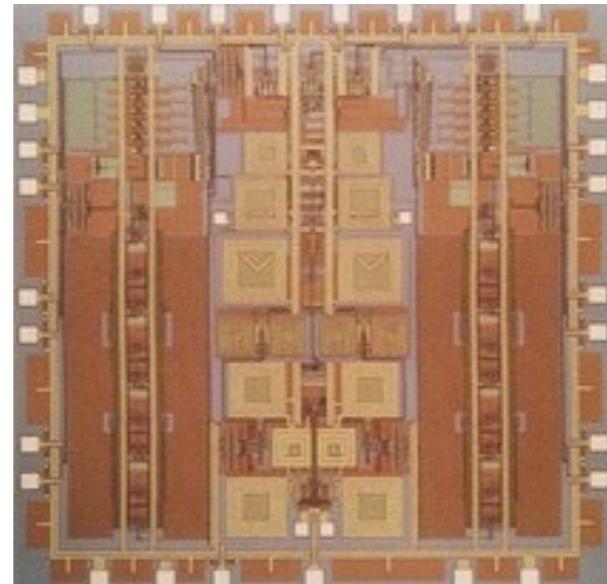


21世纪部队旅及旅以下作战指挥系统
夜视扫描、全球定位、指挥通信

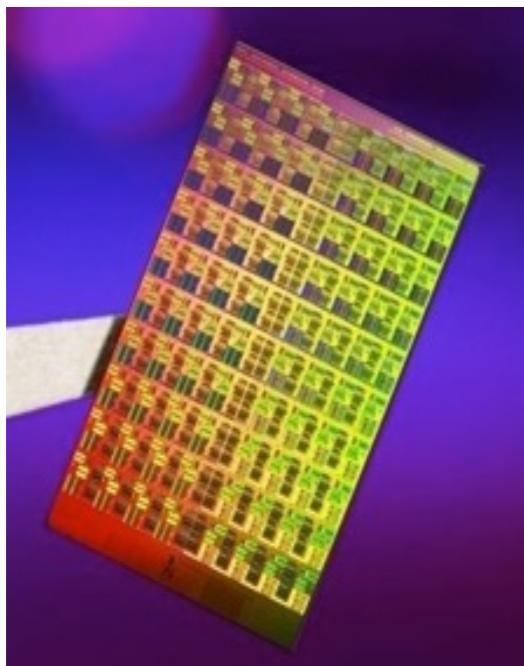
嵌入式技术的应用—新兴硬件



服用的 RFID 芯片



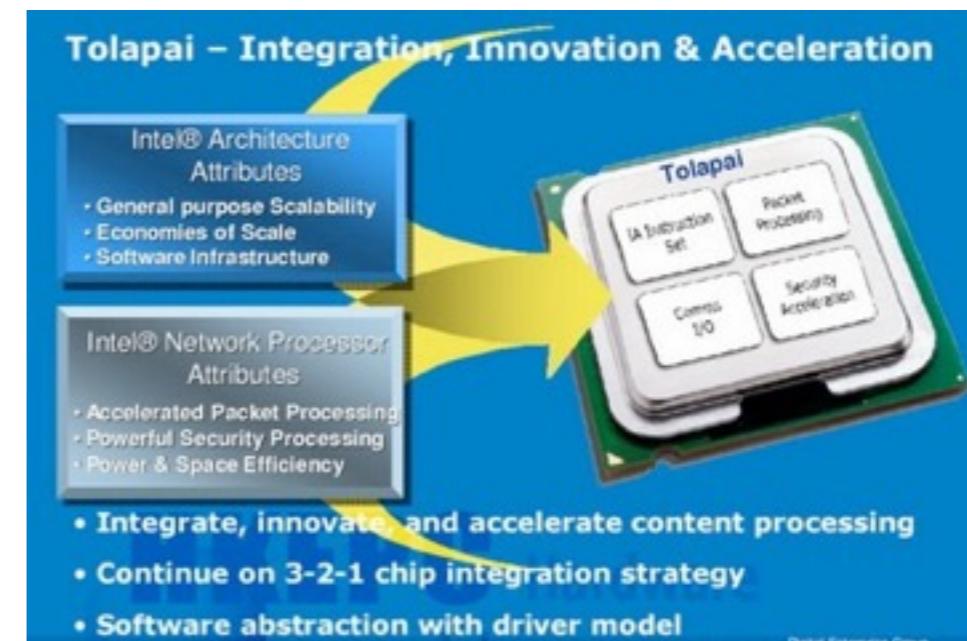
GPS/蓝牙双拼模块芯片



Intel进入
二十倍数
时代，五
年后给我
们八十核
心处理器



龙芯2号增强型处理器芯片



Intel Tolapai计划要把南北桥做在芯片中