

嵌入式系统

北京邮电大学
计算机学院

戴志涛



嵌入式系统 (Embedded Systems) 概述

- 嵌入式系统的基本概念
- 嵌入式系统的组成
- 嵌入式系统的特点



计算机的分类

➤按照计算机的体系结构、运算速度、结构规模、适用领域分类：

1989年IEEE科学巨型机委员会：

- ❑个人计算机 (Personal Computer) : PC
- ❑工作站 (Workstation) : SUN、HP工作站
- ❑小型计算机 (Mini-computer) : VAX-11
- ❑主机 (Mainframe) : IBM4381
- ❑小巨型计算机 (Mini-supercomputer) :
ELXSII6400
- ❑巨型计算机 (Super-computer) : Cray-I



计算机的分类

➤ 以应用为中心的分类方法

□ 通用计算机:

- ✉ 具有计算机的标准形态，通过装配不同的应用软件，以类同面目出现并应用在社会的各个方面

□ 专用计算机/嵌入式 (Embedded) 计算机:

- ✉ 被安装、固定、嵌入到交通工具、仪器仪表、控制系统、通信设备、家用电器等部件中的模块化数据处理机
- ✉ 以嵌入式系统的形式隐藏在各种装置、产品和系统中



嵌入式计算机



哪些属于嵌入式计算机?



A. 台式计算机



B. 笔记本电脑



C. 工业控制计算机



D. 平板计算机



E. 移动电话
智能手机



F. 智能眼镜
可穿戴计算机

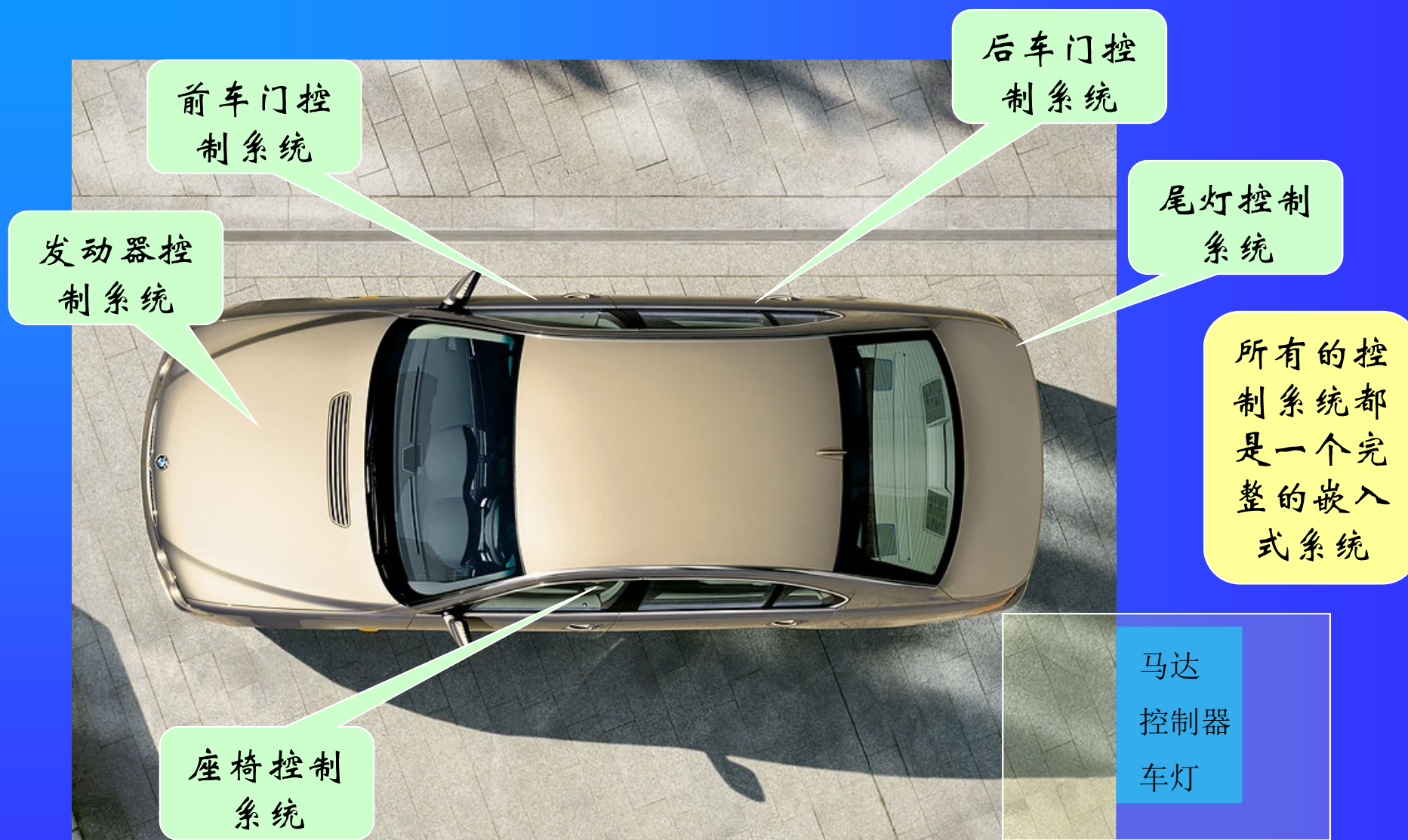


北京邮电大学

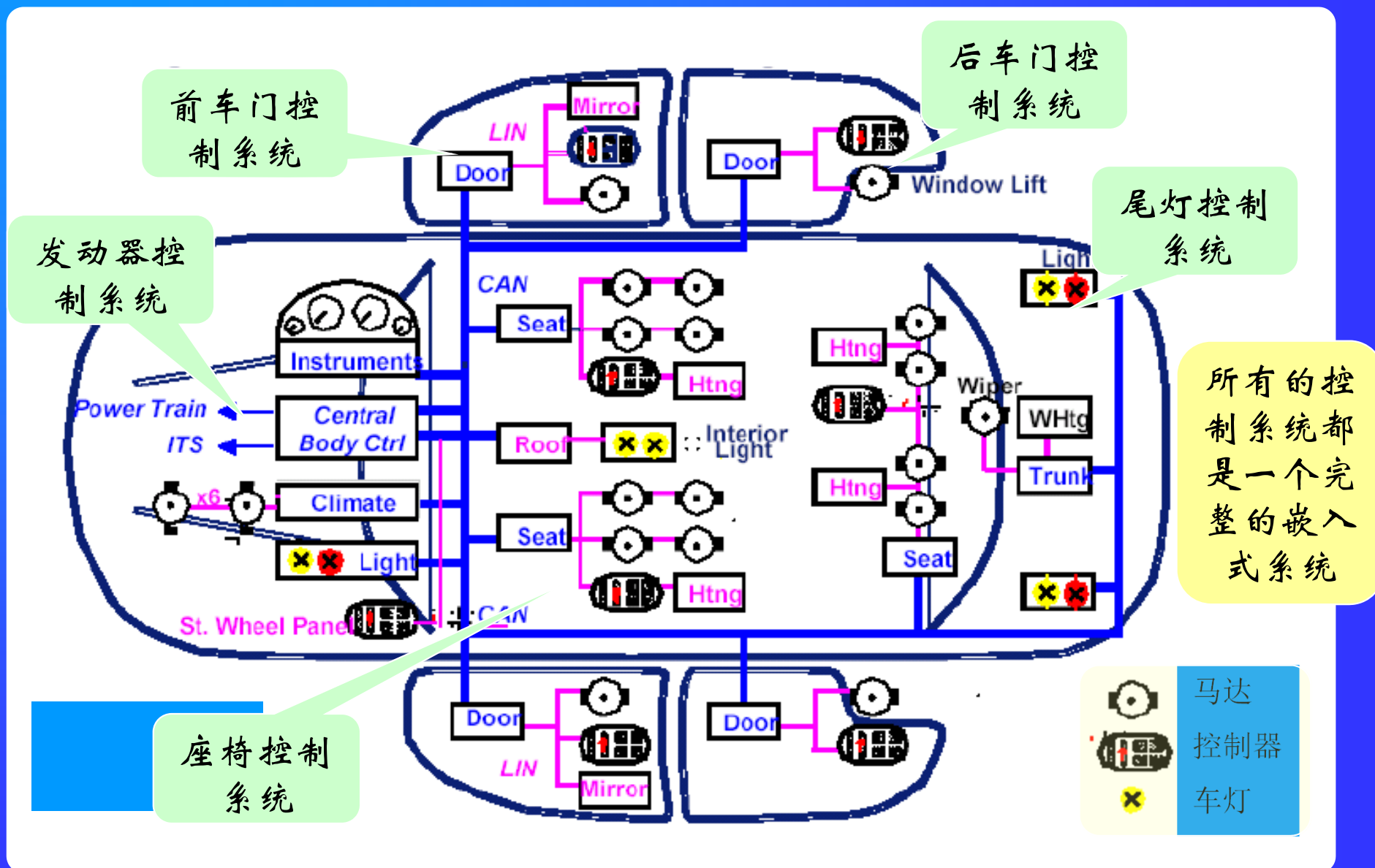
嵌入式计算机实例——汽车控制系统



嵌入式计算机实例——汽车控制系统



嵌入式计算机实例——汽车控制系统

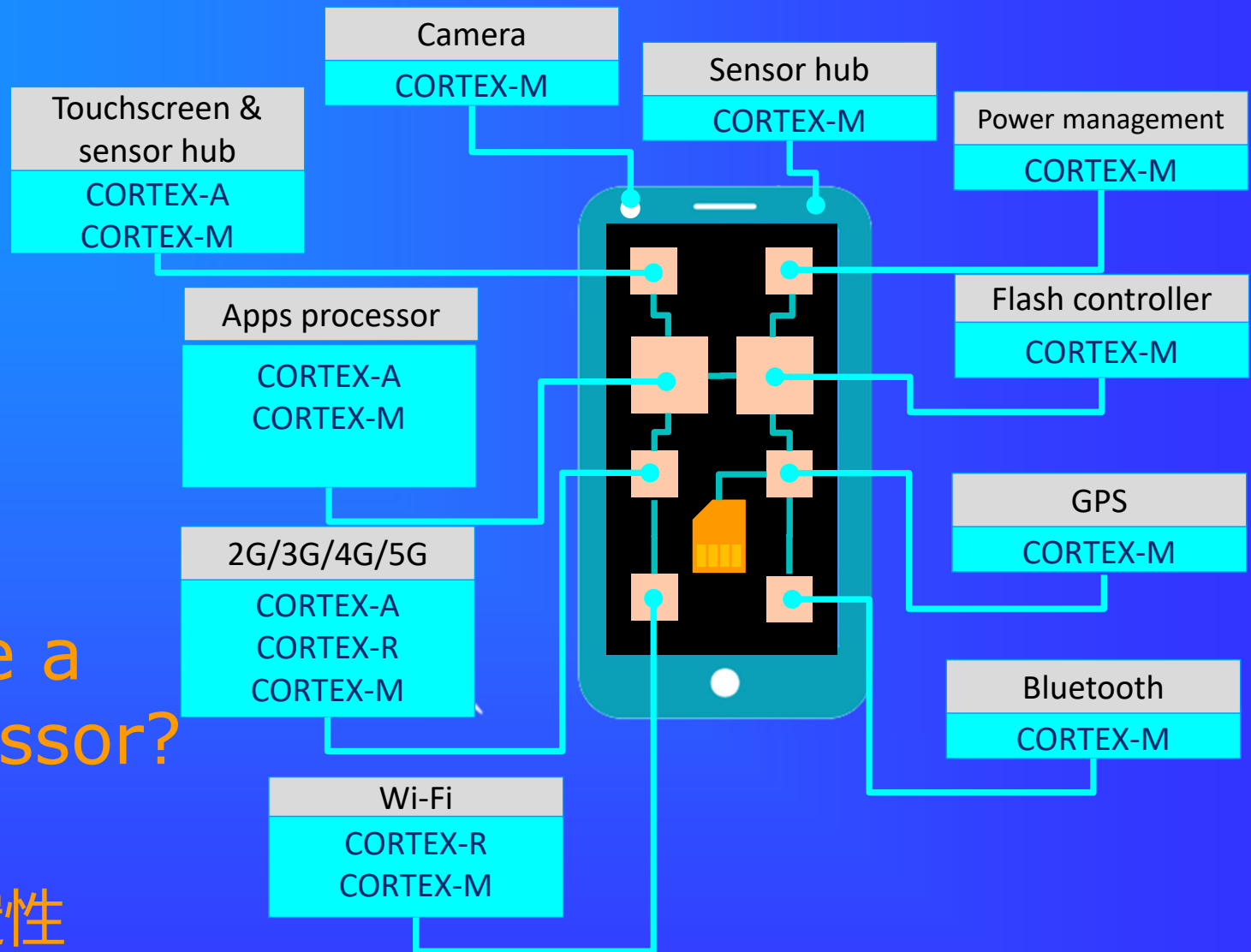


The Smartphone

- A single smartphone will contain many different processor cores.

- Why not use a single processor?

- ☐ 性能 (多核)
- ☐ 实时性/确定性
- ☐ 低功耗 (异构计算、关闭不使用的核)



嵌入式系统 (Embedded Systems)

- 嵌入于宿主设备、以辅助宿主设备高质量完成其功能为目的的小巧而专用的计算机应用系统
- IEEE的定义 - - devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants
- 是以应用为中心、以计算机技术为基础、软件硬件可裁剪、适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用系统



IoT & Embedded Systems

移动互联网



服务对象

安全

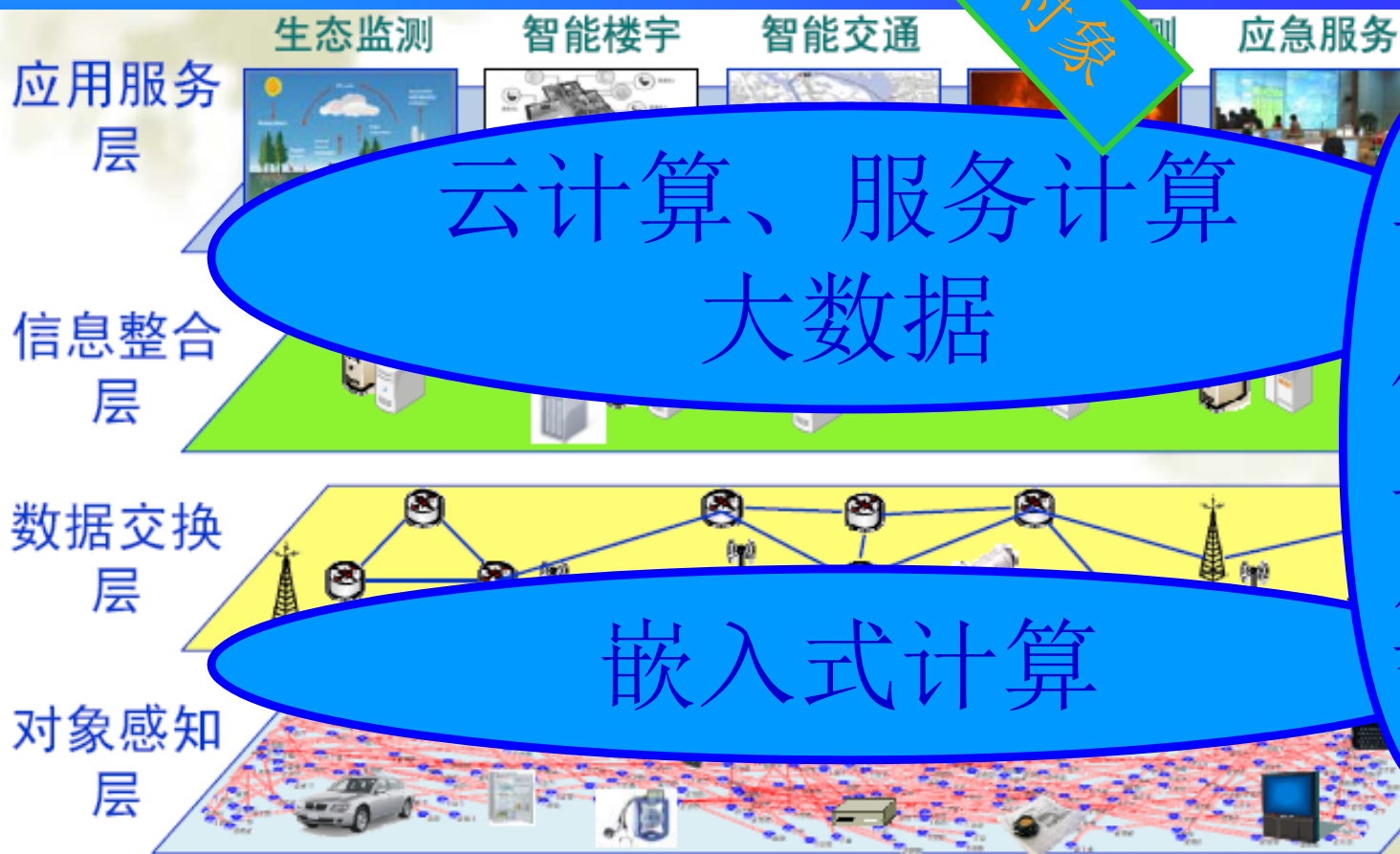
服务

理解

全

交换

感知



北京邮电大学

IoT -> Embedded systems + Internet

嵌入式系统的三要素

- 嵌入式系统的特点：由三要素引出
- 三要素：嵌入、专用、计算机
 - ✓ 嵌入性：嵌入到对象体系中，有对象环境要求
 - ✓ 专用性：软、硬件按对象要求裁减
 - ✓ 计算机：实现对象的智能化功能



嵌入式系统的组成

➤ 嵌入式系统的核心部件:

- ✓ 嵌入式微处理器

- 嵌入式操作系统

- 嵌入式应用软件



嵌入式微处理器

- 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
- 功耗、体积、成本、可靠性、速度、处理能力、电磁兼容性等方面均受到应用要求的制约
- 没有一种微处理器和微处理器公司可以主导嵌入式系统



嵌入式处理器的分类

➤ 嵌入式微处理器

❑ Embedded Microprocessor Unit, EMPU

➤ 嵌入式微控制器

❑ Embedded Microcontroller Unit, EMCU

➤ 嵌入式数字信号处理器

❑ Embedded Digital Signal Processor, EDSP

➤ 嵌入式片上系统

❑ System On Chip, ESOC



嵌入式微处理器 (MPU)



➤ 嵌入式微处理器

- ❑ 在功能上和标准微处理器基本一样，但在工作温度、抗电磁干扰、可靠性等方面做了增强

➤ 嵌入式微处理器举例

- ❑ Intel公司的80186/188、386EX系列
- ❑ IBM和Motorola公司的Power PC系列
- ❑ ARM9、ARM11系列
- ❑



嵌入式微控制器（单片机，MCU）

- 以某一种微处理器内核为核心，芯片内部集成ROM、RAM、总线逻辑、定时/计数器、看门狗（WatchDog）、并行I/O、串行口、脉宽调制输出、A/D、D/A等各种必要功能和外设
- 单片化：
 - ❑体积大大减小
 - ❑功耗和成本下降
 - ❑可靠性提高
 - ❑片上外设资源丰富



嵌入式微控制器（单片机）

➤ 嵌入式微控制器举例

- ❑ Intel、Philips、Dallas等公司的8051系列

- ❑ 德州仪器（TI）的MSP430FRxx系列

 - ✉ 低功耗性能第一

- ❑ Motorola/Freescale/NXP公司：MC68HC系列等

- ❑ Microchip PIC32MX1/2/5系列

 - ✉ 32位低成本MCU

- ❑ 基于ARM Cortex M/Cortex R的单片机系列

- ❑



嵌入式数字信号处理器 (DSP)



- 对系统结构和指令进行特殊设计，使其适合于执行DSP算法，编译效率较高，指令执行速度也较高
- 通用DSP处理器经过单片化、EMC改造、增加片上外设



➤ 代表性产品

- ❑ Texas Instruments的 TMS320系列
- ❑ Motorola/Freescale/NXP的DSP56000系列
- ❑ ADI的Blackfin系列



嵌入式微处理器的分类

➤ TI公司把处理器比作汽车:

- ❑ DSP——跑车，追求速度
- ❑ MPU——轿车，追求经济性与速度的折中
- ❑ MCU——满足特殊用途的车



嵌入式片上系统 (SOC)

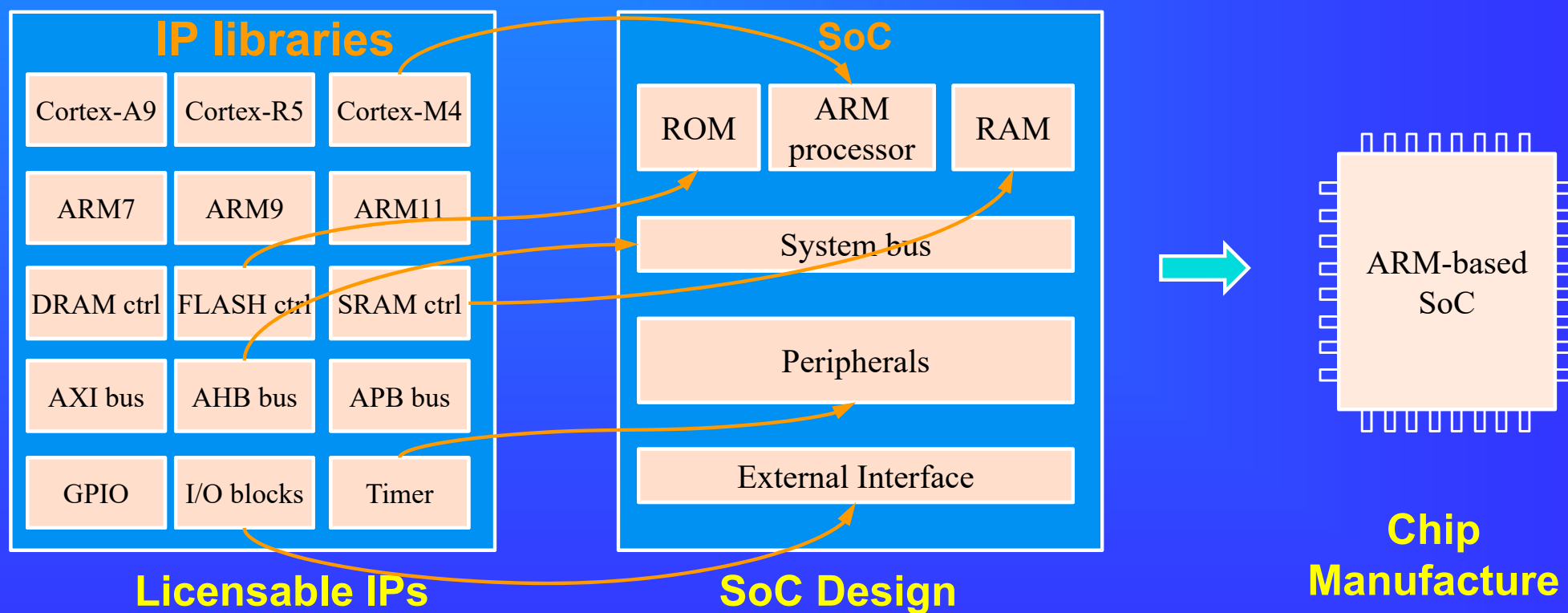


- 在一个硅片上实现一个更为复杂的系统
- 各种通用处理器内核作为SOC设计公司的标准库
- 除个别无法集成的器件以外，整个嵌入式系统大部分均可集成到一块或几块芯片中



设计一个基于ARM的SoC

- 从ARM或者其他第三方IP销售商中选一组IP内核
- 将IP内核整合进单芯片设计中
- 将设计送到半导体代工厂进行芯片的生产制造

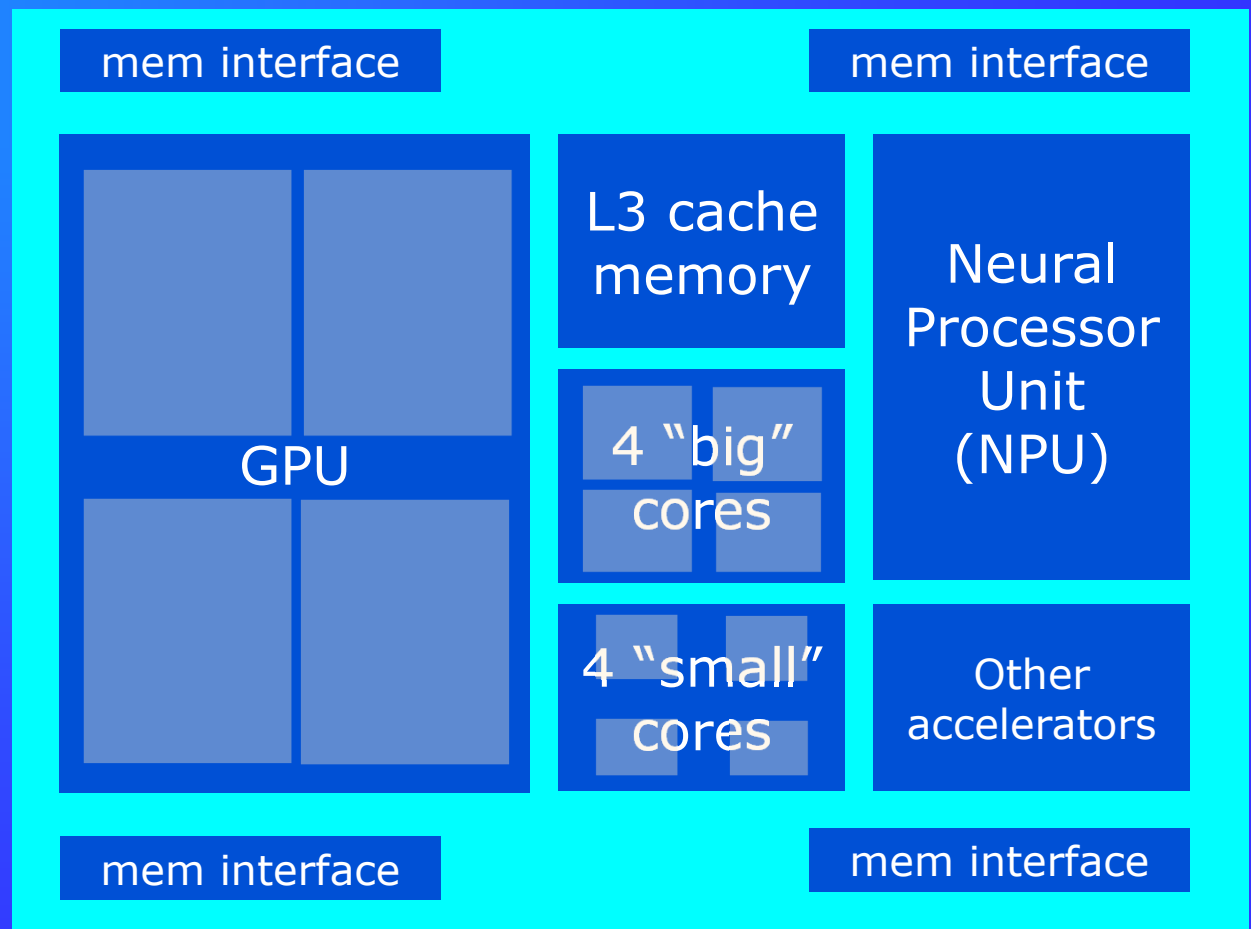


Today's SoC Designs

➤ A modern mobile phone SoC (2019) may contain more than 7 billion transistors.

➤ It will integrate:

- ❑ Multiple processor cores
- ❑ A GPU
- ❑ A large number of specialized accelerators
- ❑ Large amounts of on-chip memory
- ❑ High bandwidth interfaces to off-chip memory



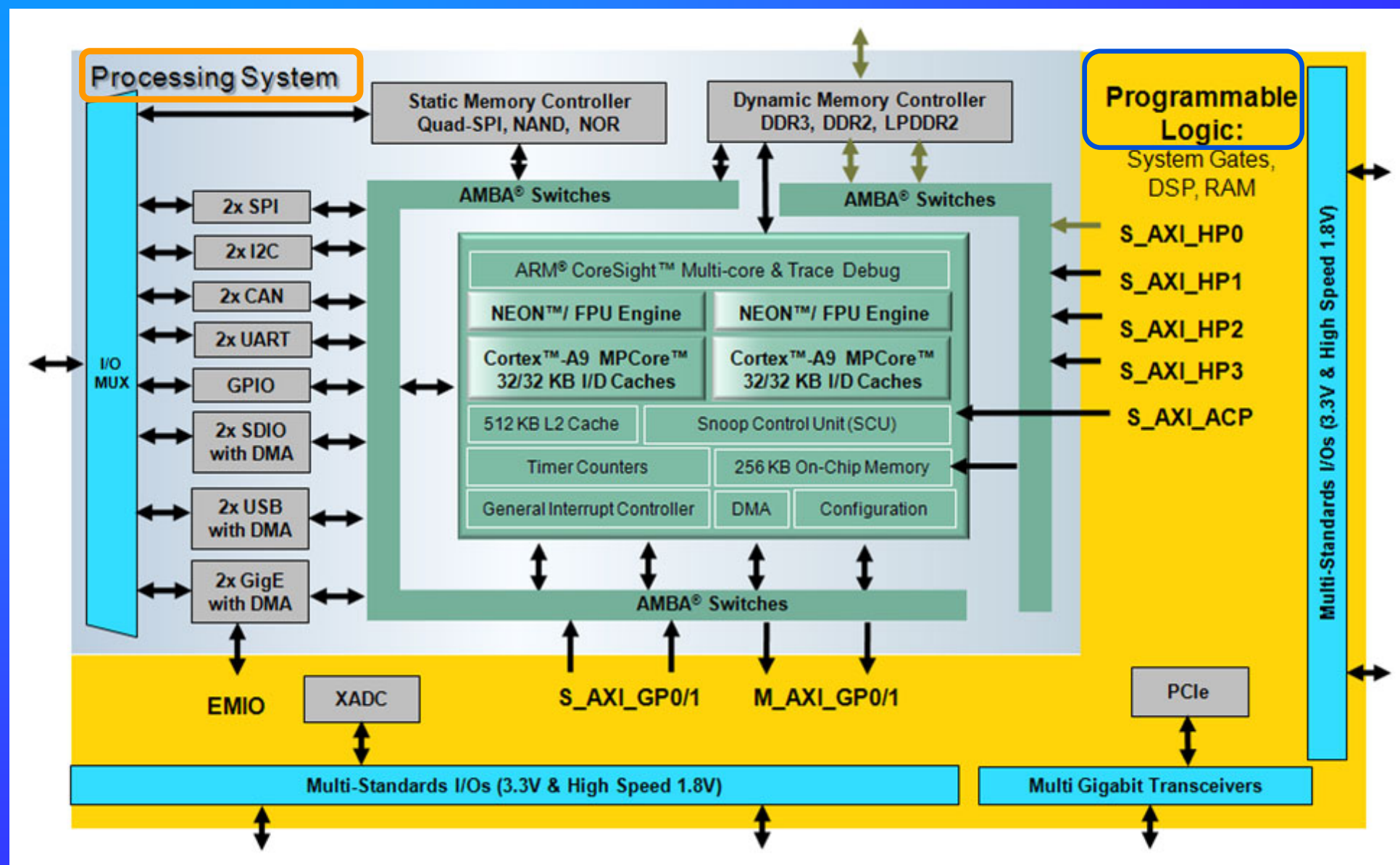
嵌入式可编程片上系统EPSOC



- 用可编程逻辑技术把整个系统放到一块硅片上，称作SOPC、PSOC或CSOC、基于FPGA的嵌入式系统
- 可编程片上系统（SOPC）是一种特殊的嵌入式系统：
 - ❑ 片上系统（SOC）——由单个芯片完成整个系统的主要逻辑功能
 - ❑ 可编程系统——具有灵活的设计方式，可裁减、可扩充、可升级，并具备软硬件在系统可编程的功能



Xilinx Zynq-7000 AP SoC Block Diagram



✓ Motorola/Freescale/NXP集成通信类微处理器



Motorola/Freescale/NXP 集成通信类微处理器

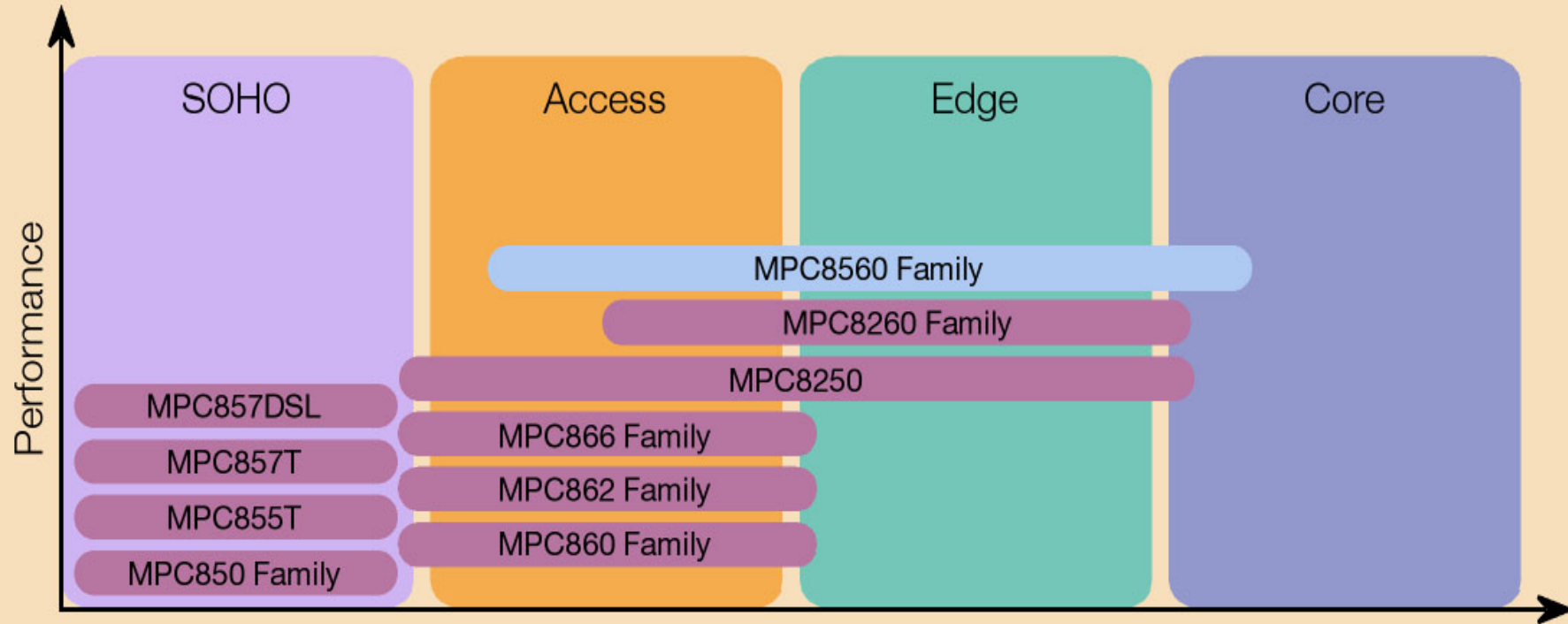
- MC68302 IMP : 集成多协议处理器
- MC68360 QUICC: 四路集成通信控制器
 - ❑ QUad Integrated Communication Controller
- PowerQUICC: 以PowerPC内核的通信处理机家族
 - ❑ PowerQUICC I系列 (MPC8XX)
 - ✉ MPC860系列、MPC850系列
 - ❑ PowerQUICC II系列 (MPC82XX)
 - ❑ PowerQUICC II Pro系列 (MPC83XX)
 - ❑ PowerQUICC III系列 (MPC85XX)
- QorIQ Communications Platform: 基于Power Architecture和QUICCEngine多协议技术的单核、双核和多核处理器



PowerQUICC Market Segmentation

PowerQUICC Market Segmentation

*SOHO: Small Office, Home Office



- xDSL Modems
- Cable Modems
- SOHO Routers
- Remote Access Routers
- Integrated Access Devices
- Residential Gateways

- DSLAM Line Cards
- Access Concentrators
- LAN/WAN Switches
- Hubs/Gateways
- PBX Systems
- Wireless Base Stations

- Network Edge Applications
- Base Station Controllers
- Optical Edge Switches
- Central Office Switching
- Multiservice Access Platform

- Terabit Routers
- Web Switching Applications
- Optical Networking
- Broadband Multiservice Platform



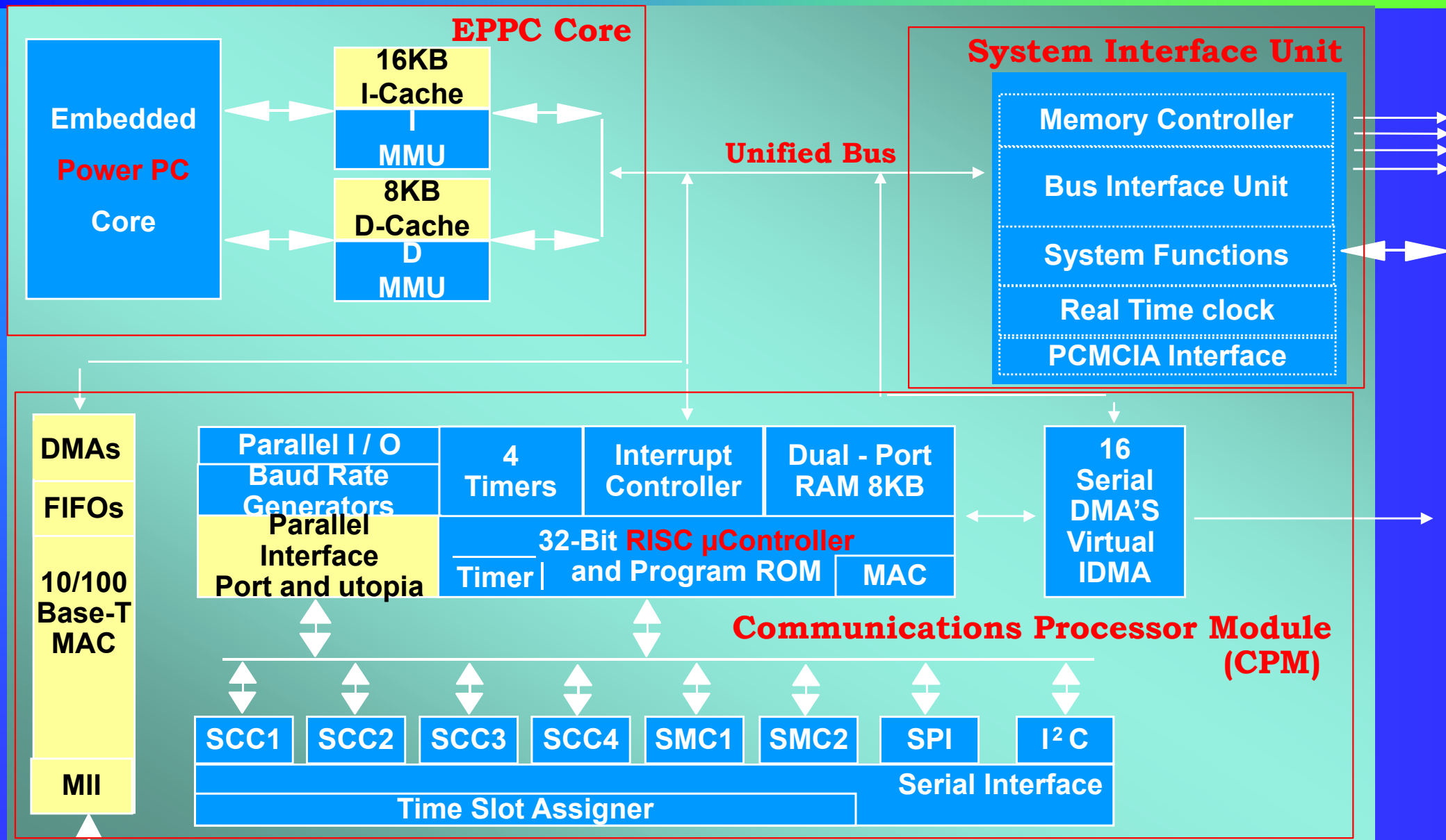
Motorola/Freescale/NXP 集成通信类微处理器

- 硬件和软件发展具有延续性和继承性，体系结构相似
- 功能
 - ❑ 中央处理器和专用RISC通信处理器
 - ❑ 多协议串行通信控制器SCC、MCC、FCC、UCC
(UART、HDLC、TDM、ISDN、10M/100M以太网、ATM等)
 - ❑ 串行管理控制器SMC
 - ❑ 其它专用的协议控制器
 - ❑ cache、DMAC、DRAM控制器、时钟、片选、中断.....



MPC860P PowerQUICC

Integrated Communications Processor

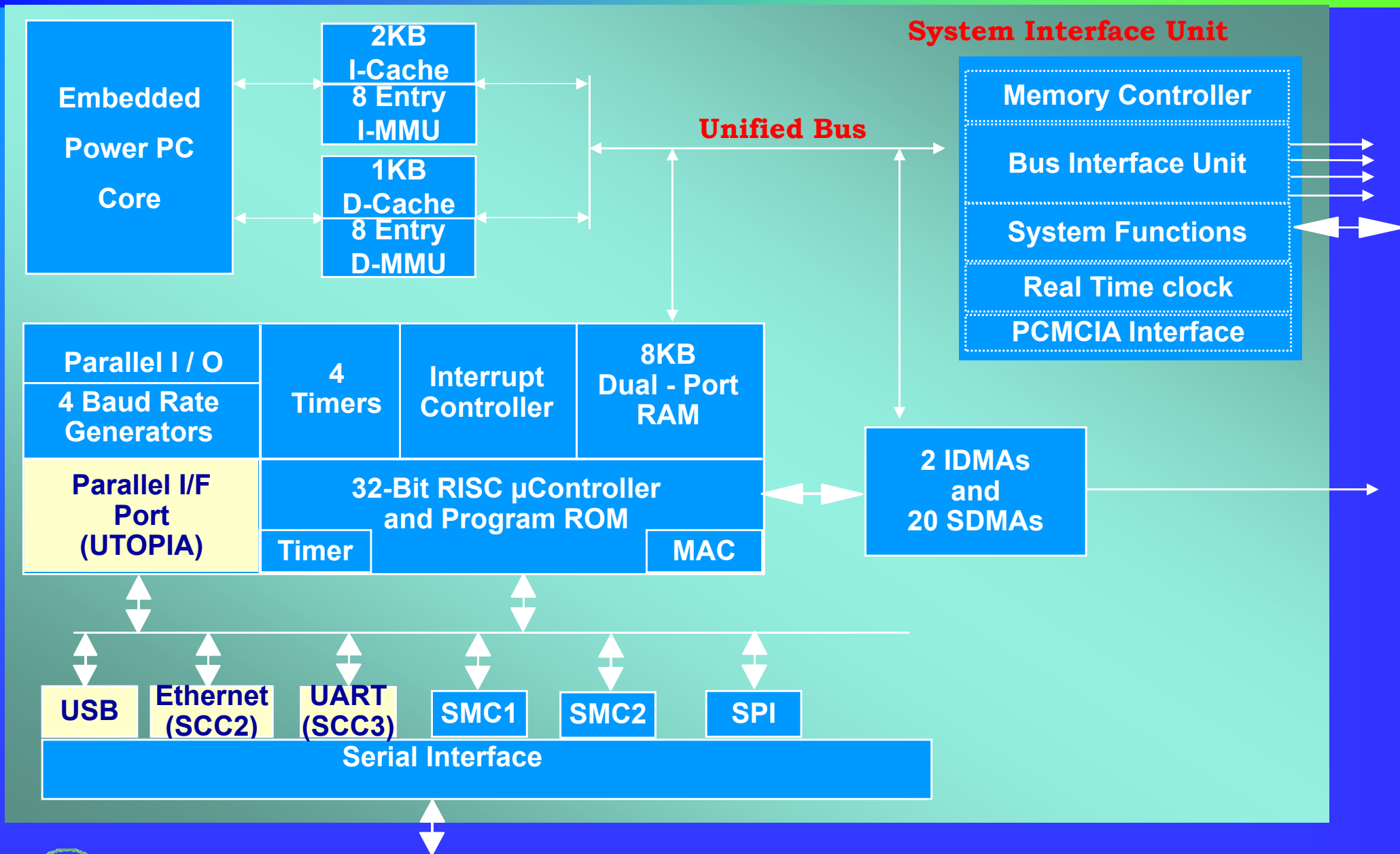


PowerQUICC的3个主要模块

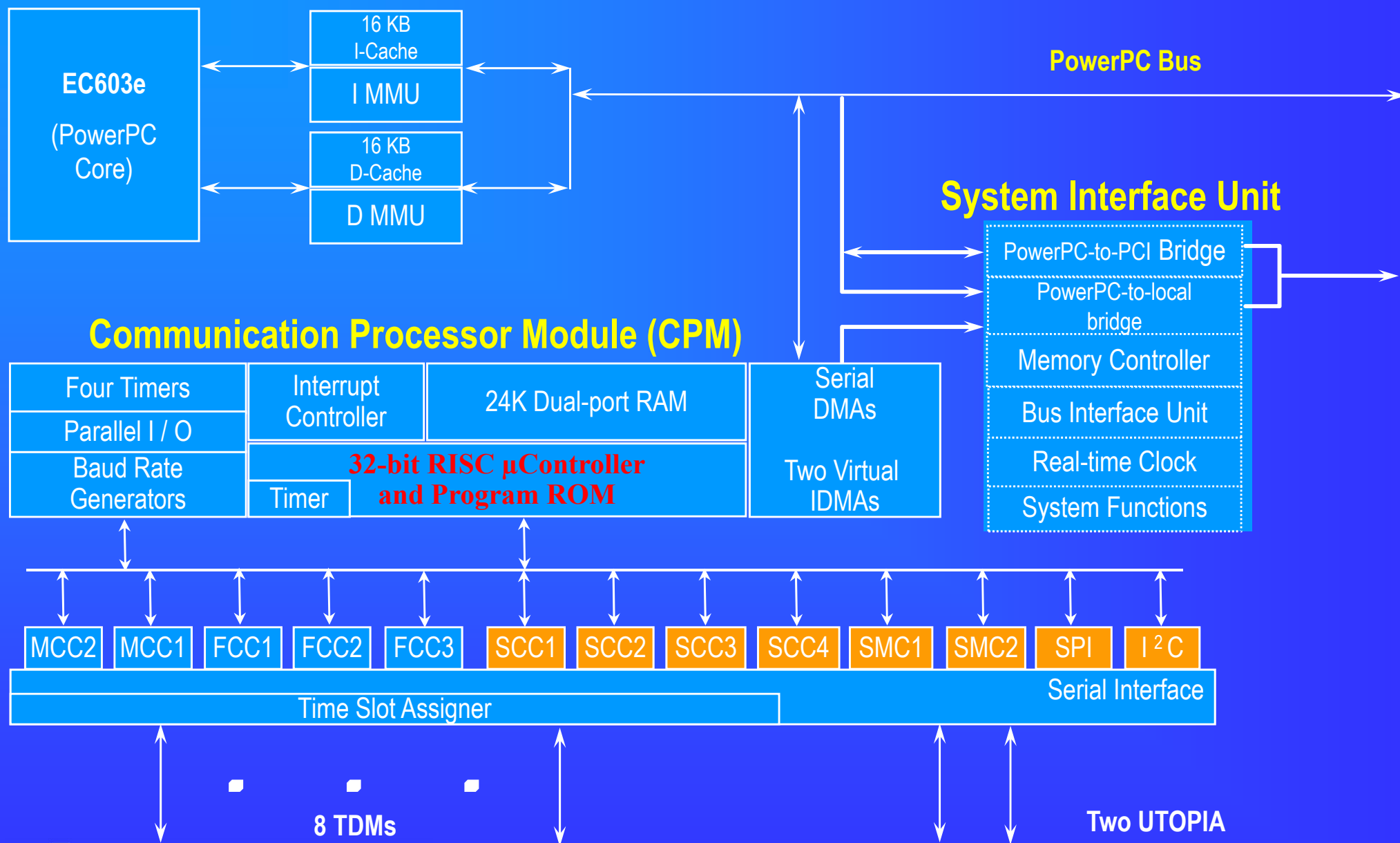
- PowerPC核心——Embedded PowerPC core (EPPC)
- 系统接口单元 (SIU – System Interface Unit)
- 通信处理机模块 (CPM – Communications Processor Module)
 - ❑ SCC (Serial Communication Channel: 串行通信信道)
 - ❑ SMC (Serial Management Channel: 串行管理信道)



MPC850DSL - New low cost derivative



MPC8260 PQ II Communications Microprocessor

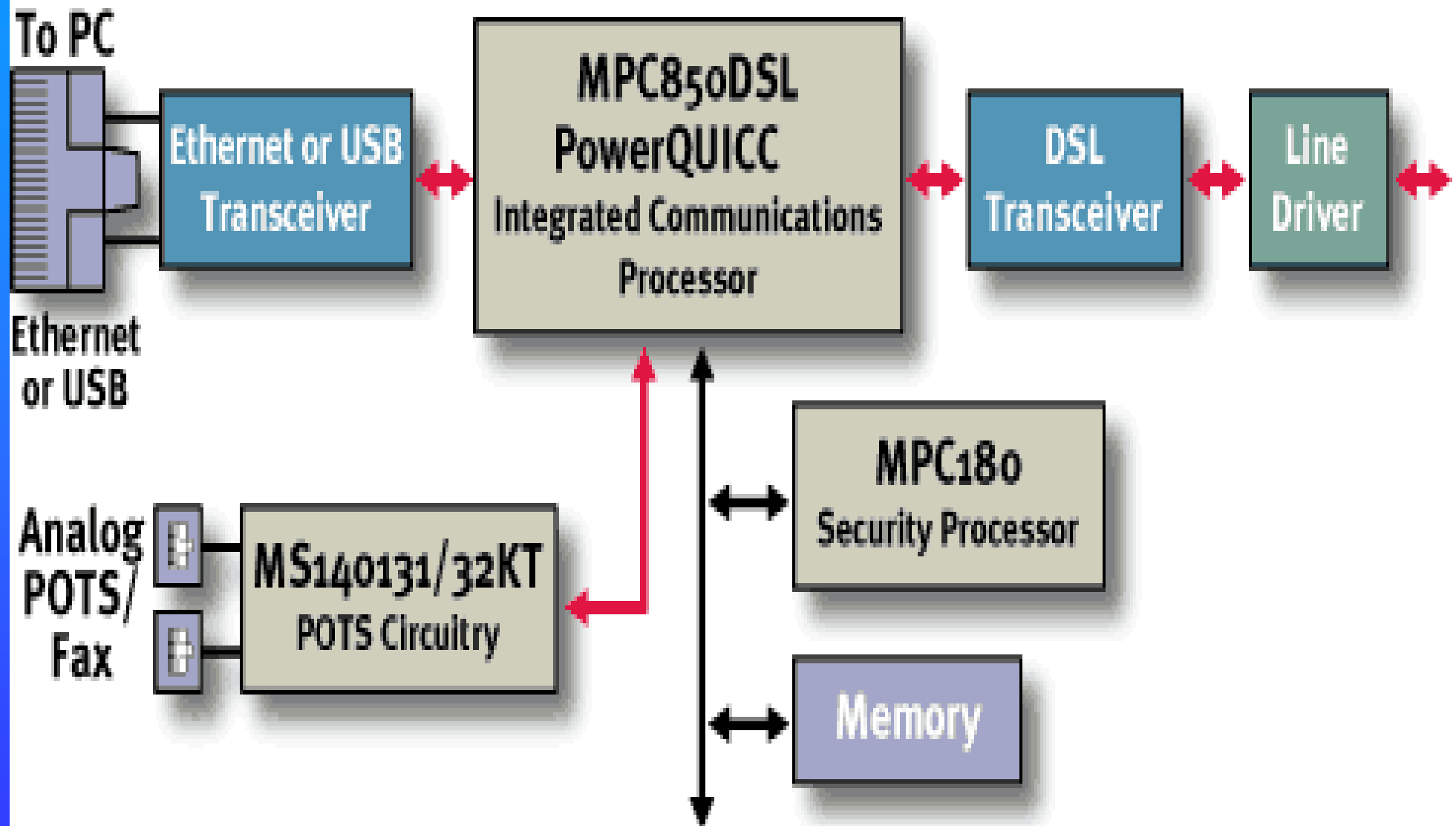


PowerQUICC Family Product Selector Guide

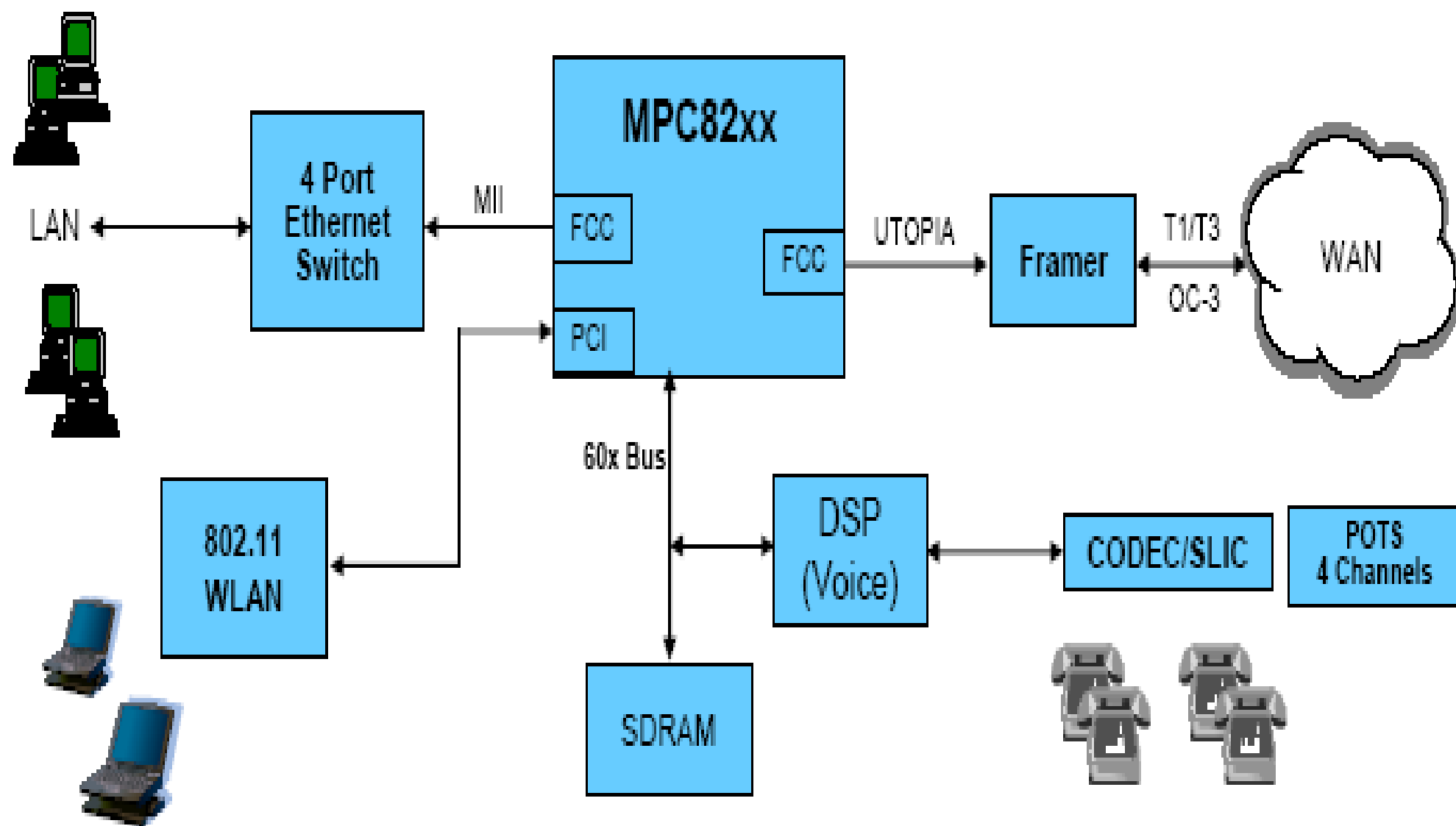
Product	I-Cache (Kbyte)	D-Cache (Kbyte)	Ethernet		ATM	Multi-Channel	SCC
			10T	10/100		HDLC (#Channels)	
823	2	1	Up to 2	-	-	Up to 64	2
823e	16	8	Up to 2	-	-	Up to 64	2
850	2	1	1	-	-	-	1
850DE	2	1	Up to 2	-	-	-	2
850SR	2	1	Up to 2	-	Y	Up to 64	2
850DSL	2	1	1	-	Y	-	2
855T	4	4	1	1	Y	Up to 32	1
857T	4	4	1	1	Y	Up to 32	1
860DE	4	4	Up to 2	-	-	-	2
860DT	4	4	Up to 2	1	Y	Up to 64	2
860DP	16	8	Up to 2	1	Y	Up to 64	2
860EN	4	4	Up to 4	-	-	-	4
860SR	4	4	Up to 4	-	Y	Up to 64	4
860T	4	4	Up to 4	1	Y	Up to 64	4
860P	16	8	Up to 4	1	Y	Up to 64	4
862DT	4	4	Up to 2	1	Y	Up to 64	2
862DP	16	8	Up to 2	1	Y	Up to 64	2
862SR	4	4	Up to 4	-	Y	Up to 64	4
862T	4	4	Up to 4	1	Y	Up to 64	4
862P	16	8	Up to 4	1	Y	Up to 64	4
8255	16	16	Up to 4	Up to 2	1 Ch. (155Mbps)	Up to 128	4
8260	16	16	Up to 4	Up to 3	2 Ch. (155Mbps ea.)	Up to 256	4
8264	16	16	Up to 4	Up to 3	2 Ch. (155Mbps ea.)	Up to 256	4
8265	16	16	Up to 4	Up to 3	2 Ch. (155Mbps ea.)	Up to 256	4
8266	16	16	Up to 4	Up to 3	2 Ch. (155Mbps ea.)	Up to 256	4



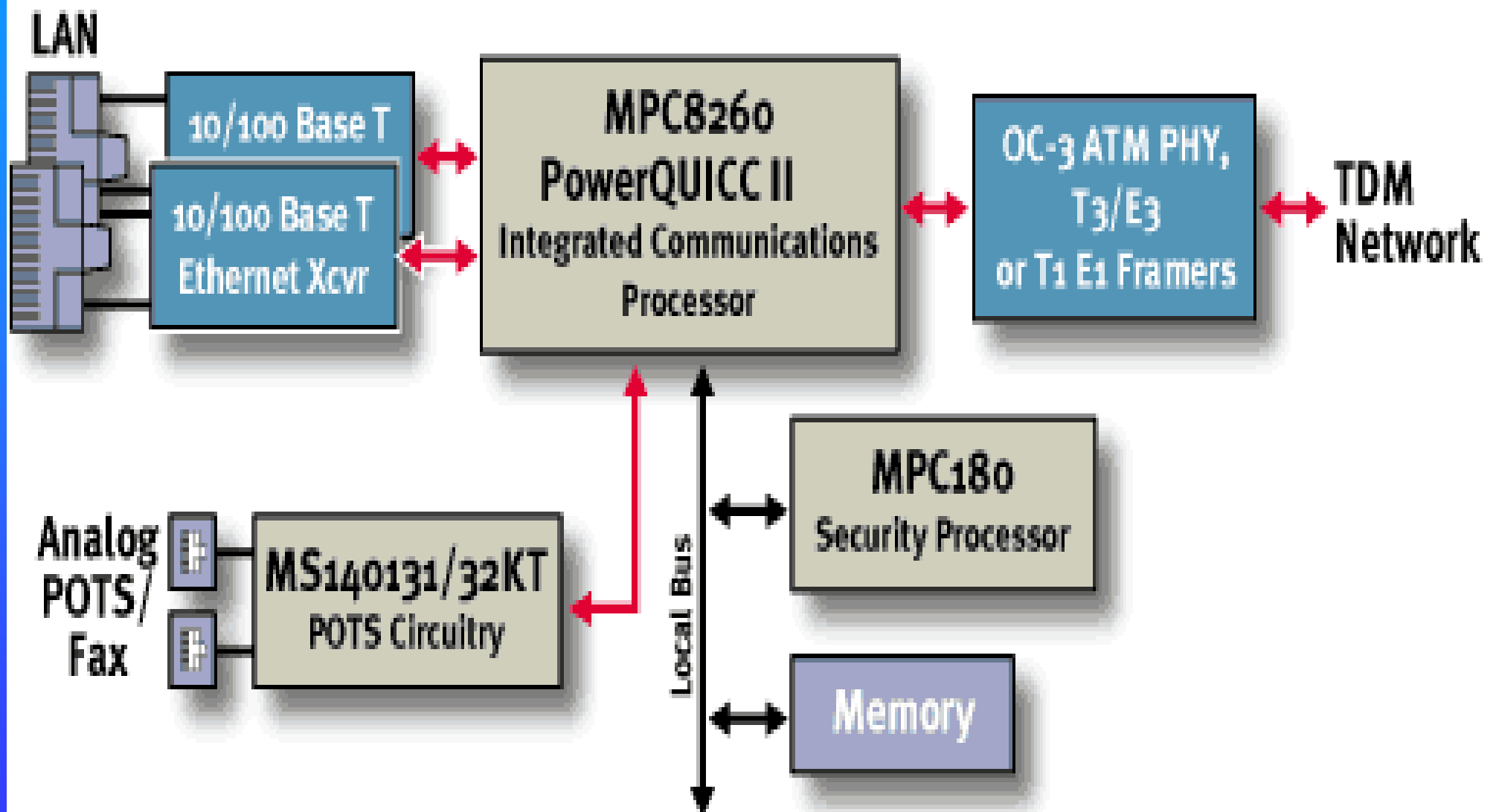
DSL modem



SOHO Router



Regional Office Router



✓ 基于x86架构的嵌入式处理器



基于x86架构的嵌入式处理器



➤ 优点

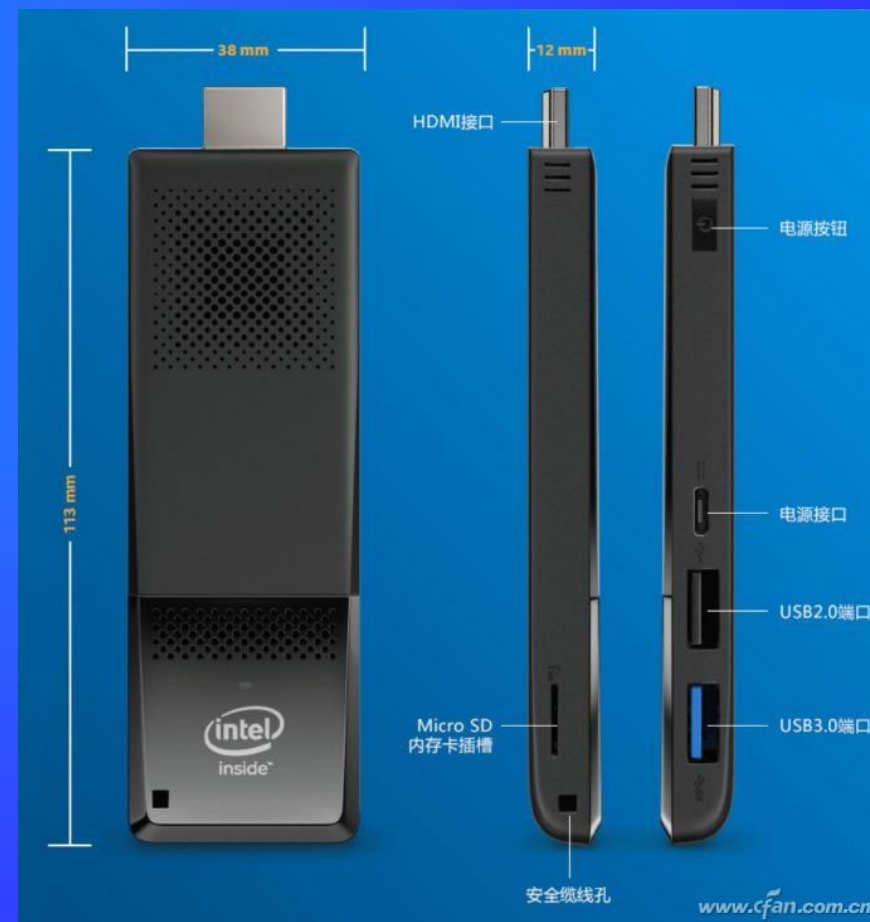
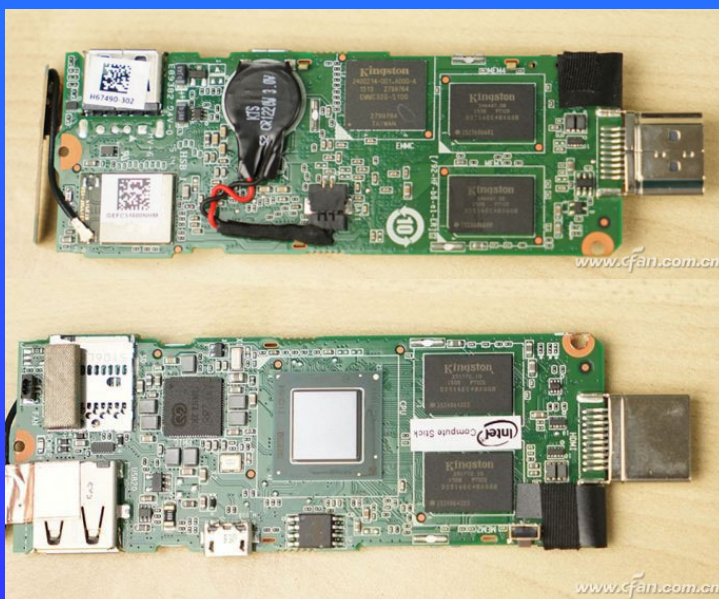
- ❑ 源自PC，熟悉的体系结构
- ❑ 重复利用已开发的应用程序代码
- ❑ 大量的可用软硬件工具
- ❑ 高性能

➤ 缺点

- ❑ 源于CISC结构
- ❑ 体积、功耗、复杂度



Atom 家族电脑棒



构建嵌入式系统时的选择



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	困难	大	重	?	非常快
ASIC	高	非常低	困难	微小	非常轻	低	极快
可编程逻辑 - FPGA, CPLD	低	中	容易	小	轻	中到高	非常快
微处理器 + 内存 + 外围器件	低到中	中	容易	小到中	轻到中	中等	中
单片机	低	中到低	容易	小	轻	中等	慢到中
嵌入式PC	低	高	容易	中等	中到重	中到高	快



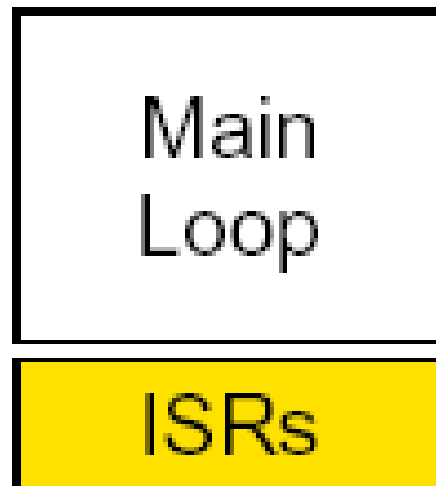
嵌入式系统的组成



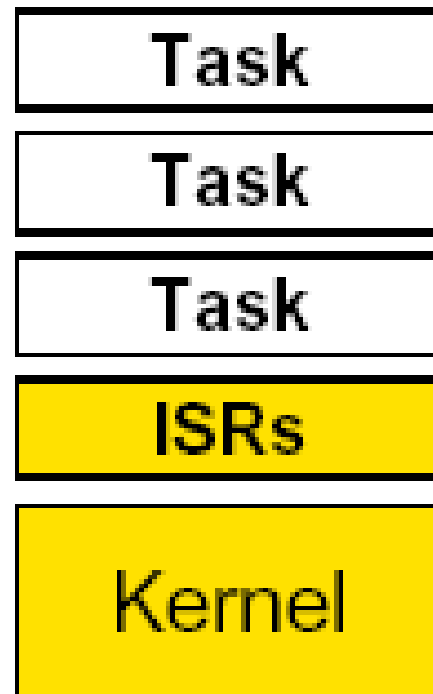
- 嵌入式微处理器
- ✓ 嵌入式操作系统
- 嵌入式应用软件



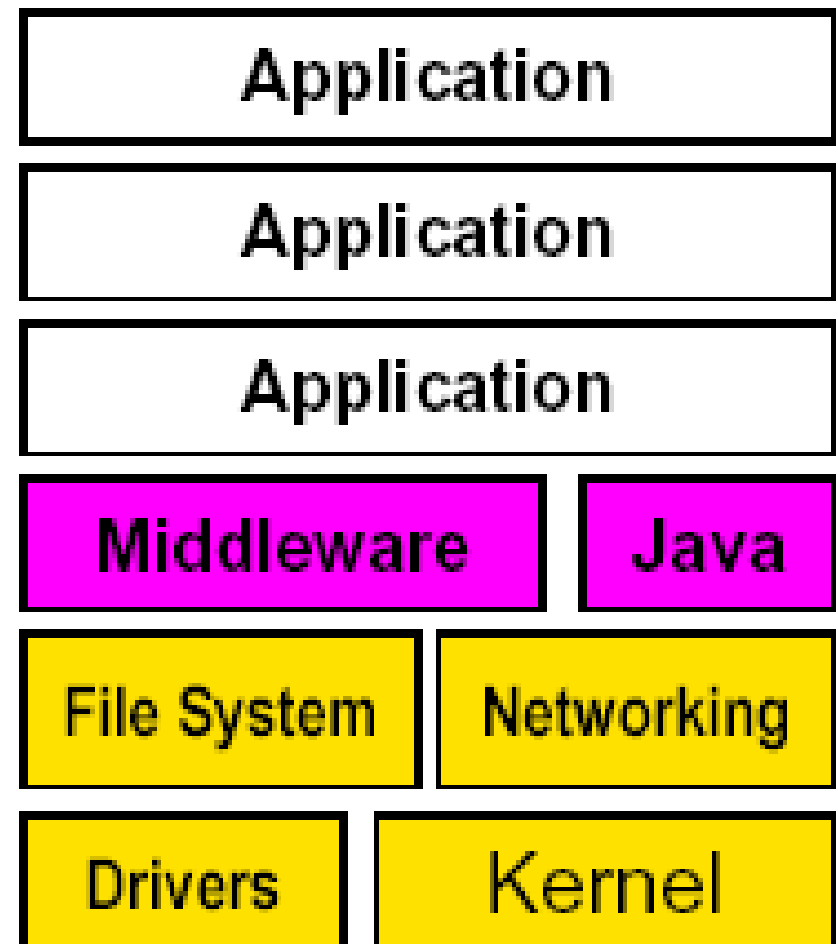
嵌入式软件设计方法的变化趋势



1970s



1980s and '90s



Today



通用操作系统与实时操作系统(RTOS)

➤通用操作系统:

- ❑软件的执行在时间上的要求并不严格，时间上的错误一般不会造成灾难性的后果

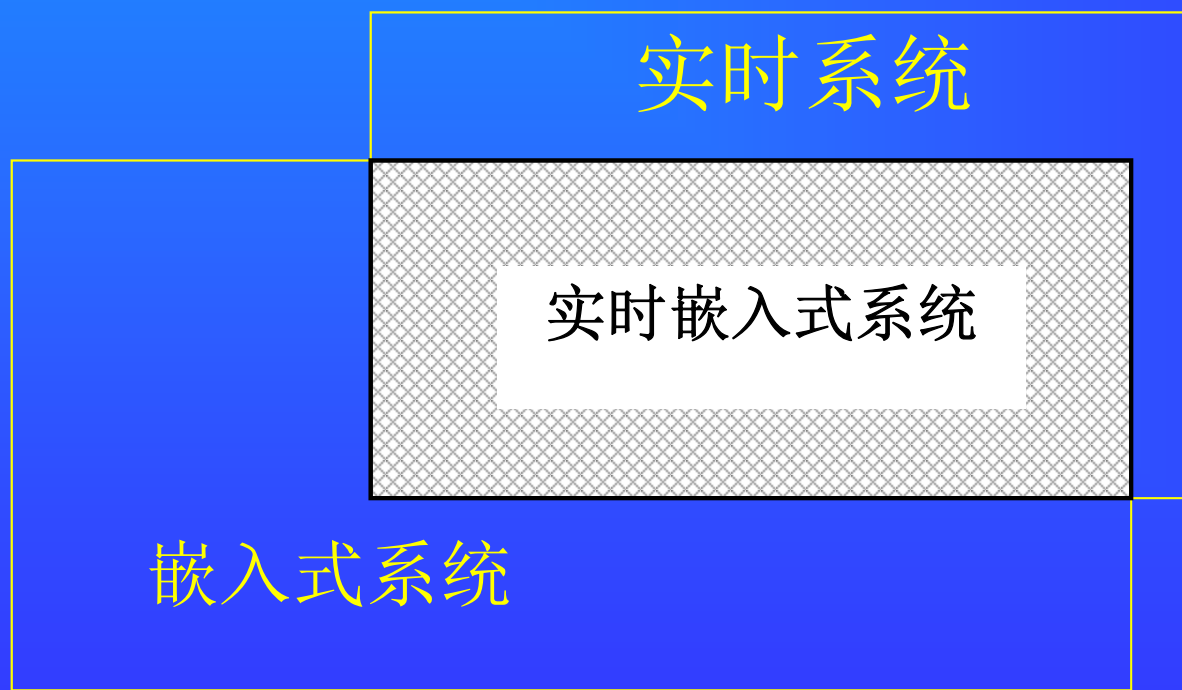
➤实时操作系统 (RTOS: Real Time Operating System, RTOS) :

- ❑系统响应时间: 必须能在事件发生的严格的时限内作出响应
- ❑系统的可确定性: 系统能对最好和最坏的运行情况做出精确的估计



嵌入式系统与实时系统的关系

- 嵌入式系统不都是实时系统
- 实时系统也不都是嵌入式系统
- 实时嵌入式系统是嵌入式系统与实时系统的交集



嵌入式操作系统的分类

➤专门针对嵌入式环境开发的实时操作系统

□典型产品

✉ WindRiver: VxWorks

✉ Interated System (ISI)
/WindRiver: pSOS

✉ QNX: QNX

✉ Microtec Research (MRI) : VRTX

✉ Accelerated Technology Inc (ATI)
/Mentor Graphics: nucleus+

✉ RTEMS: 美军主导的开源RTOS



嵌入式操作系统的分类

➤ 专门针对嵌入式环境开发的实时操作系统

□ 特点

✉ 精巧设计

✉ 提供独立而完备的系统开发和测试工具

✉ 性能卓越

✉ 较多地应用在对系统可靠性和实时性等要求很高的军用产品、通信系统和工业控制等领域中



嵌入式操作系统的分类

➤ 从非嵌入式环境移植而来的嵌入式操作系统

□ 典型产品

- ✉ Microsoft: Windows CE、Windows XP Embedded、Windows CE.net
- ✉ 嵌入式Linux (μ Clinux、RTlinux.....)



嵌入式操作系统的分类

➤ 从非嵌入式环境移植而来的嵌入式OS

□ 特点

- ✉ 经过长期运行考验，技术成熟
- ✉ 有强大的图形界面支持，积累了丰富的开发工具和应用软件资源
- ✉ 内核经过精简和嵌入式改造
- ✉ 代码容量往往较大
- ✉ 适合“类PC”嵌入式系统和消费类电子产品
- ✉ 对实时性非常高的系统未必适用



专用嵌入式操作系统与嵌入式Linux的比较

	专用嵌入式实时操作系统	嵌入式 Linux 操作系统
购买费用	人民币数十万元	基本免费
版权费	每生产一件产品需交纳一份版权费	免费
技术支持	由开发商独家提供有限的技术支持	全世界的自由软件开发者提供支持，但不确定性高
网络特性	另加人民币数十万购买	免费而且性能优异
软件移植	难，因为是封闭系统	易，代码开放，有许多应用软件支持
应用产品开发周期	长，因为可参考的代码有限	短，新产品上市迅速，因为有许多公开的代码可以参考和移植
实时性能	好	需改进，可用 RT_Linux 等模块弥补
稳定性	好	较好，在高性能系统中仍需改进



嵌入式系统的组成



- 嵌入式微处理器
- 嵌入式操作系统
- ✓ 嵌入式应用软件



嵌入式应用软件

- 软件要求固态化存储，软件与硬件一体化，应用软件与操作系统一体化存储
- 软件代码高质量、高可靠性
 - ❑ 软件代码量少
 - ❑ 响应速度快



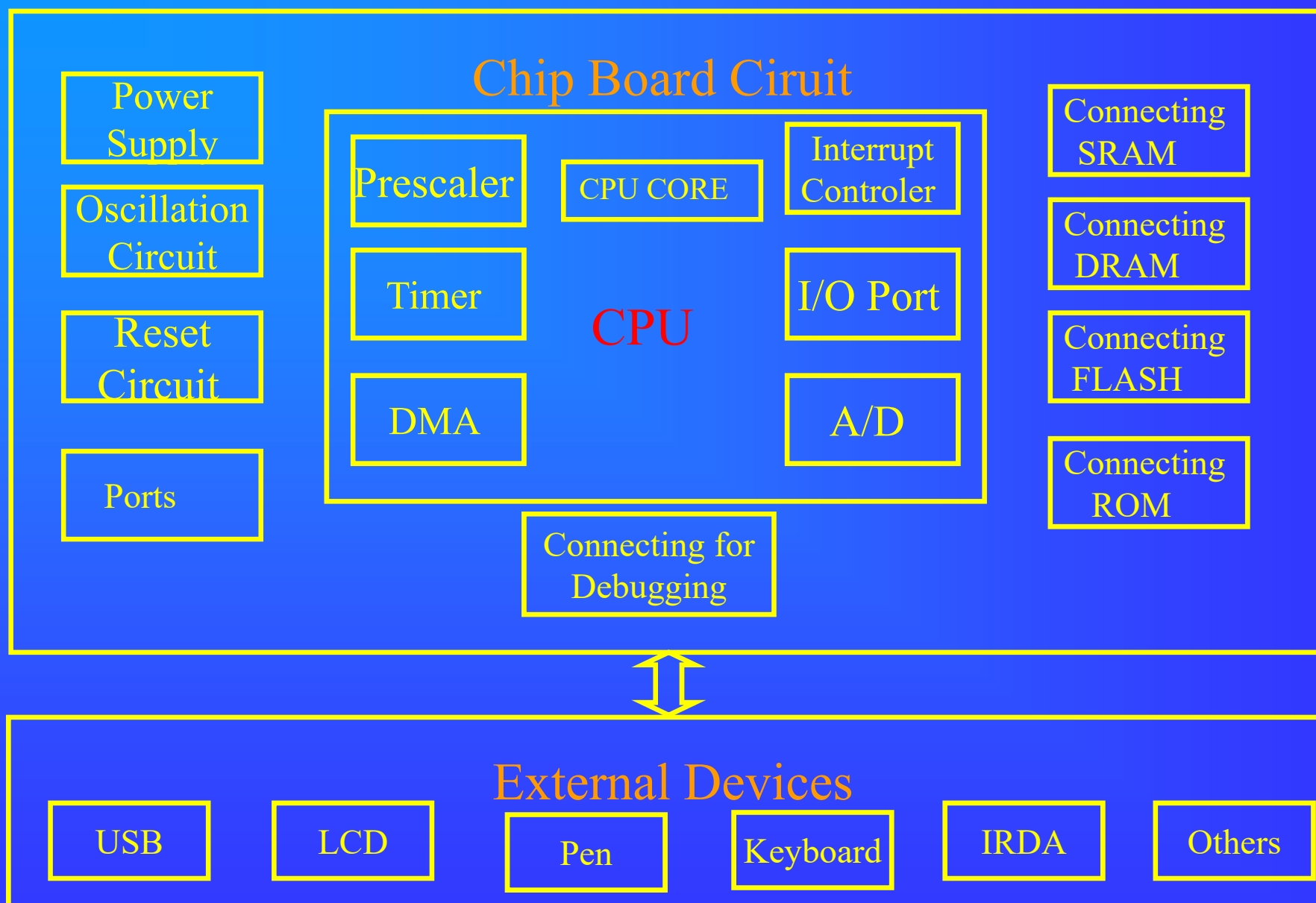
嵌入式系统的特点



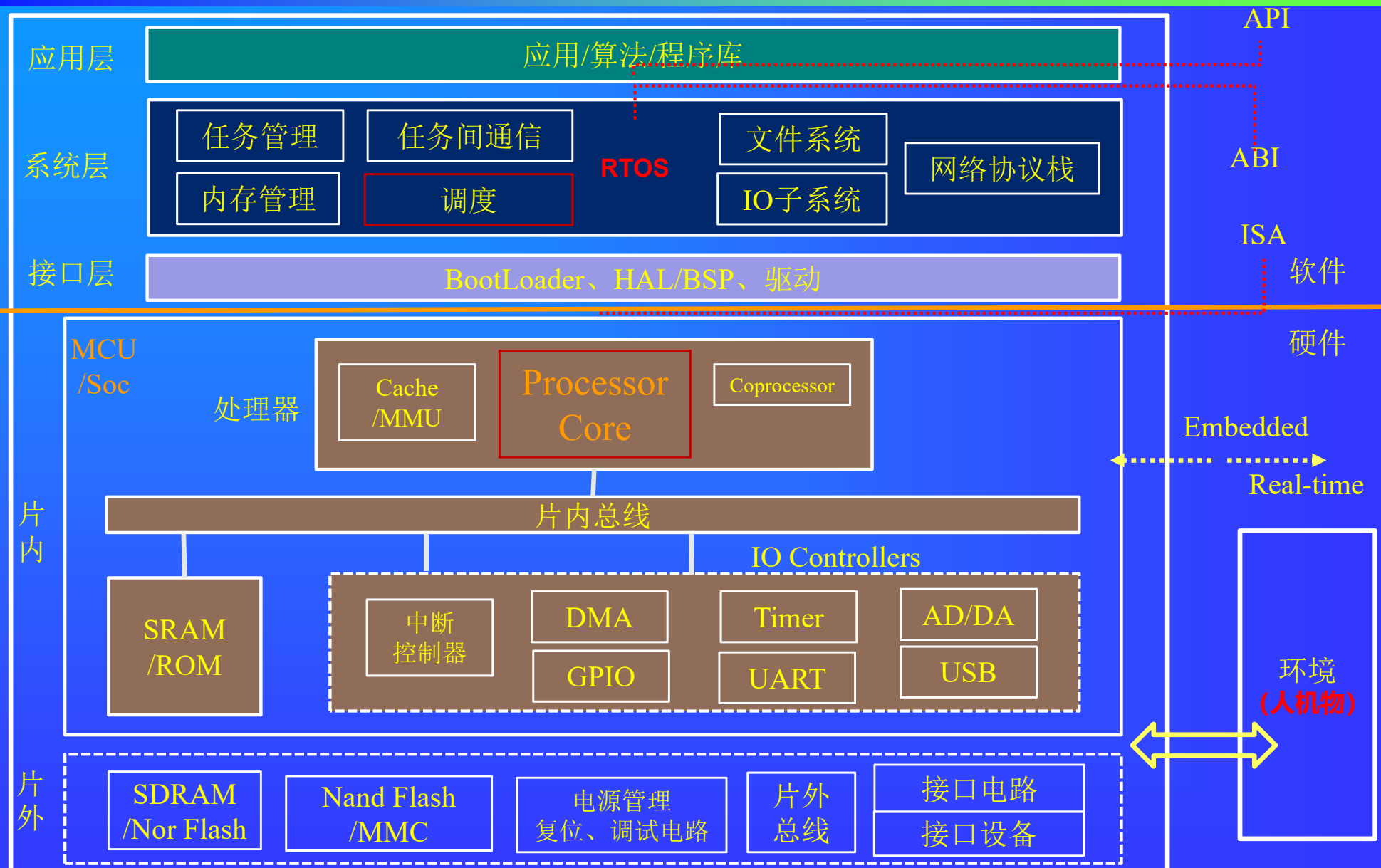
- 多样性的需求
- 面向用户、面向产品、面向应用
- 依赖高度分散的工业体系支撑
- 受限于功能和具体的应用环境
- 应用环境复杂，安全性和可靠性要求高
- 硬件/软件针对具体需求高效设计、去除冗余
- 产品生产成本的敏感度一般比较高
- 具有较长的生命周期，发展比较稳定



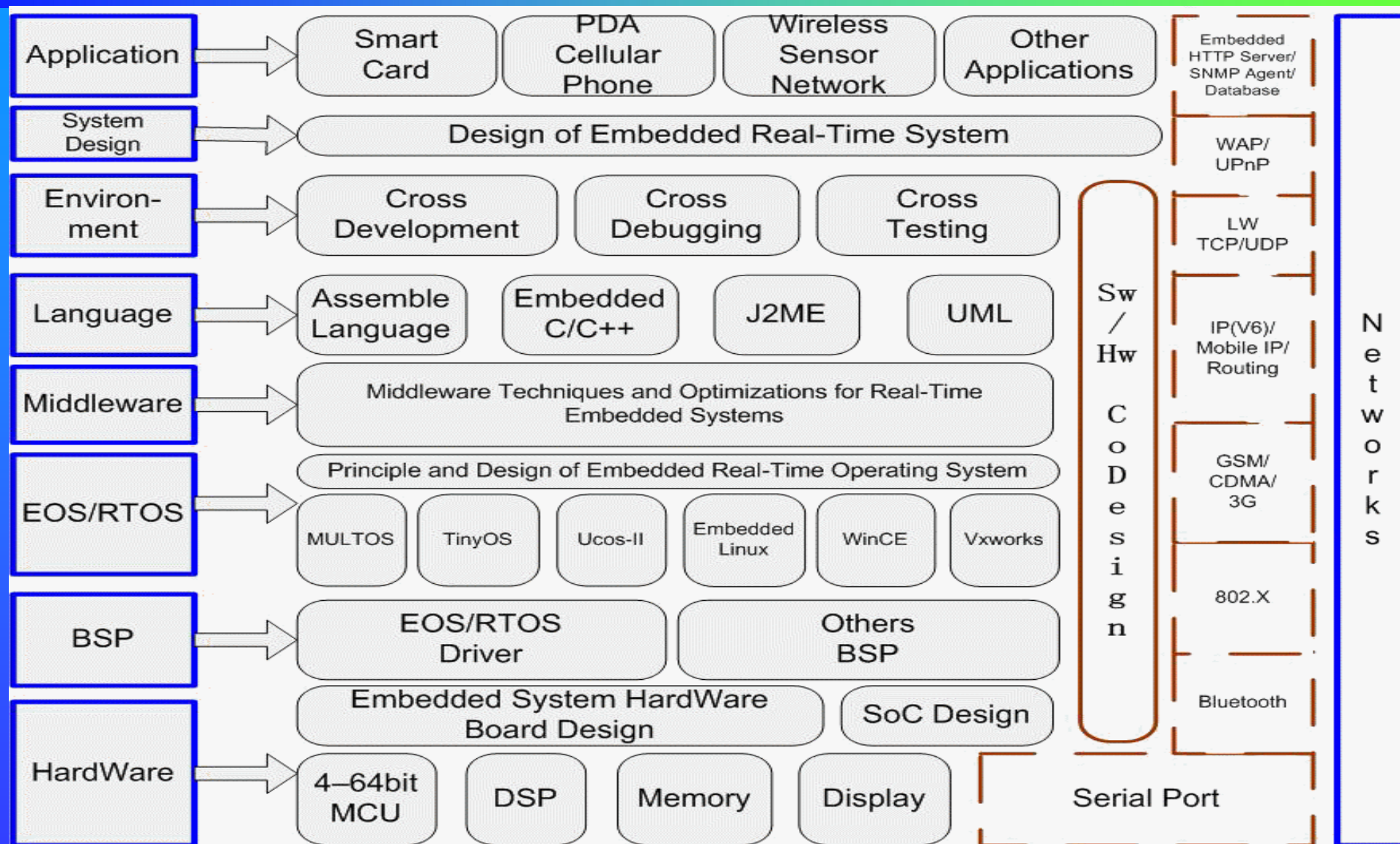
嵌入式系统硬件结构实例



嵌入式系统软/硬件框架



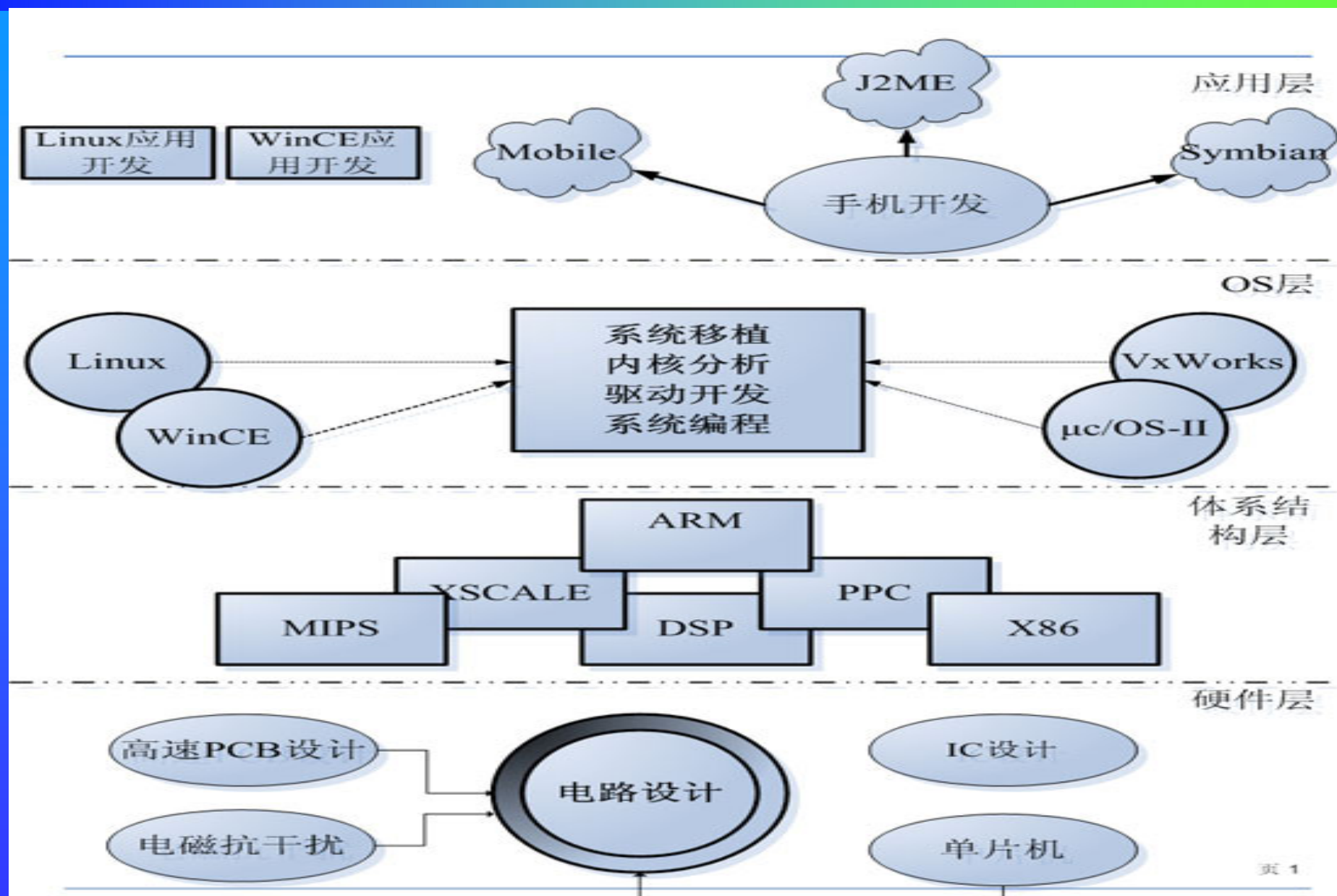
嵌入式系统知识结构图



Copyright 2004 Shanghai SinoSys Technology Co.,Ltd.



嵌入式系统开发各层面技能结构图



页 1



本章重点



- 嵌入式系统的组成
- 嵌入式系统的特点



本章结束

