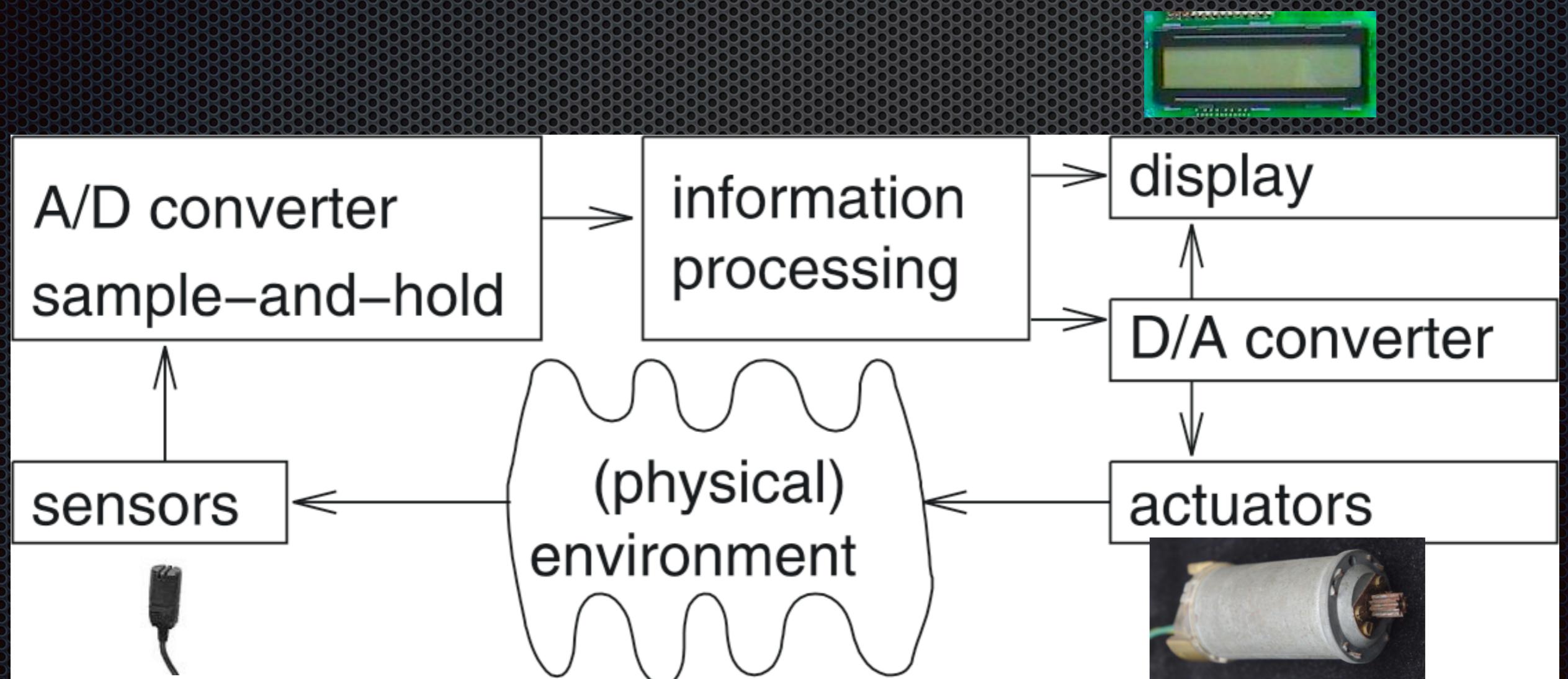


嵌入式微处理器

Embedded Microprocessor

嵌入式系统硬件



Cyber-Physical Systems, CPS

硬件平台

- 包含
 - CPU
 - 总线bus
 - 存储器memory
 - I/O设备: 网络, 传感器, 执行器等等
- 需要多大/多快?



流行的微处理器

- ARM
- MIPS
 - 美国计算机协会（ACM）宣布 John L. Hennessy 和 David A. Patterson 荣获 2017 年图灵奖。
 - “无互锁流水级的微处理器”（Microprocessor without interlocked piped stages）
- PowerPC
- X86



冯诺依曼结构

- 将程序指令存储器和数据存储器合并在一起的存储器结构
- 程序指令存储地址和数据存储地址指向同一个存储器的不同物理位置，因此程序指令和数据的宽度相同
- CPU寄存器: 程序计数器(PC), 指令寄存器(IR), 通用寄存器等。

哈佛结构

- 明显的特点：
 - 使用两个独立的存储器模块，分别存储指令和数据，每个存储模块都不允许指令和数据并存；
 - 使用独立的两条总线，分别作为CPU与每个存储器之间的专用通信路径，而这两条总线之间毫无关联。
- 改进的哈佛结构，其结构特点为：
 - 使用两个独立的存储器模块，分别存储指令和数据，每个存储模块都不允许指令和数据并存；
 - 具有一条独立的地址总线和一条独立的数据总线，利用公用地址总线访问两个存储模块（程序存储模块和数据存储模块），公用数据总线则被用来完成程序存储模块或数据存储模块与CPU之间的数据传输；
 - 两条总线由程序存储器和数据存储器分时共用。
- 大多数DSP使用哈佛架构来处理流数据：
 - 更大的内存带宽
 - 更可预测的带宽

RISC vs. CISC

- 复杂指令集计算机, Complex instruction set computer (CISC):
 - 多种寻址模式
- 精简指令集计算机, Reduced instruction set computer (RISC):
 - load/store;
 - 流水线指令

RISC与CISC的主要特征对比

比较内容	CISC	RISC
指令系统	复杂, 庞大	简单, 精简
指令数目	一般 >200	一般 <100
指令格式	一般 >4	一般 <4
寻址方式	一般 >4	一般 <4
指令字长	不固定	等长
访存指令	不加限制	只有LOAD/STORE指令
指令使用频率	相差很大	相差不大
指令执行时间	相差很大	绝大多数在一个周期内完成
优化编译实现	很难	较容易

微处理器架构类型

von Neumann

Harvard

CISC

X86, Motorola 68000

SHARC(DSP)

RISC

ARM7, SPARC, MIPS,
PowerPC

ARM9, PIC

RISC-V

- 简单、完全开源并且免费
- 将基准指令和扩展指令分开，可以通过扩展指令做定制化的模块和扩展。
 - RISC-V的基准指令确定后将不会再有变化，这是RISC-V稳定性的重要保障。
- 32、64、128位指令集

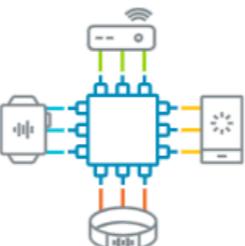
RISC-V微处理器的兼容性

- 2015年非盈利性组织RISC-V基金会（ RISC-V Foundation ）成立



设计系统芯片之前需要考虑的五件事

- 成本
- 生态系统
- 碎片化风险
- 安全性
- 设计保证



Processor IP

Technology for the Widest Range of Devices—from Sensors to Servers

Arm is the world's leading technology provider of silicon IP and custom SoCs at the heart of billions of devices. Our portfolio of products enable partners to get-to-market faster.

[Explore IP Products >](#)



IoT Products

Technology that Removes the Complexities of IoT

Arm removes the complexities of IoT with a complete IoT products and pre-integrated subsystems that enable customers and partners to rapidly design and deploy flexible IoT solutions.

[Explore IoT Products >](#)

编程模型

- 在程序中可以用到的寄存器集合
- 有些寄存器不可见

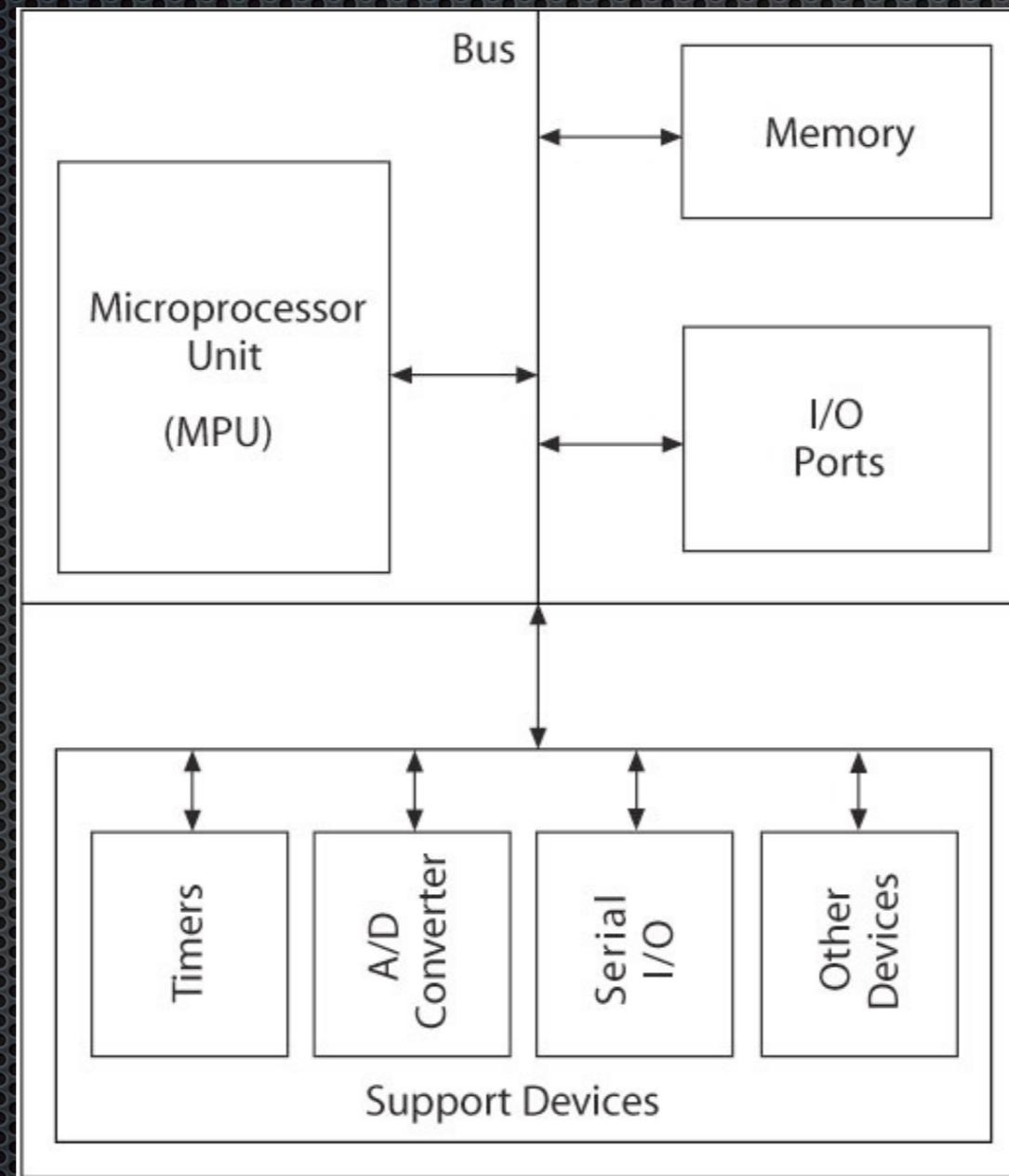
嵌入式微处理器的分类

- 嵌入式微处理器种类繁多，按位数可分为4位、8位、16位、32位和64位。
- 根据功能不同，嵌入式微处理器分为四种：
 - 嵌入式微处理单元（MPU）
 - 嵌入式微控制器（MCU）
 - 嵌入式DSP处理器
 - 嵌入式SoC

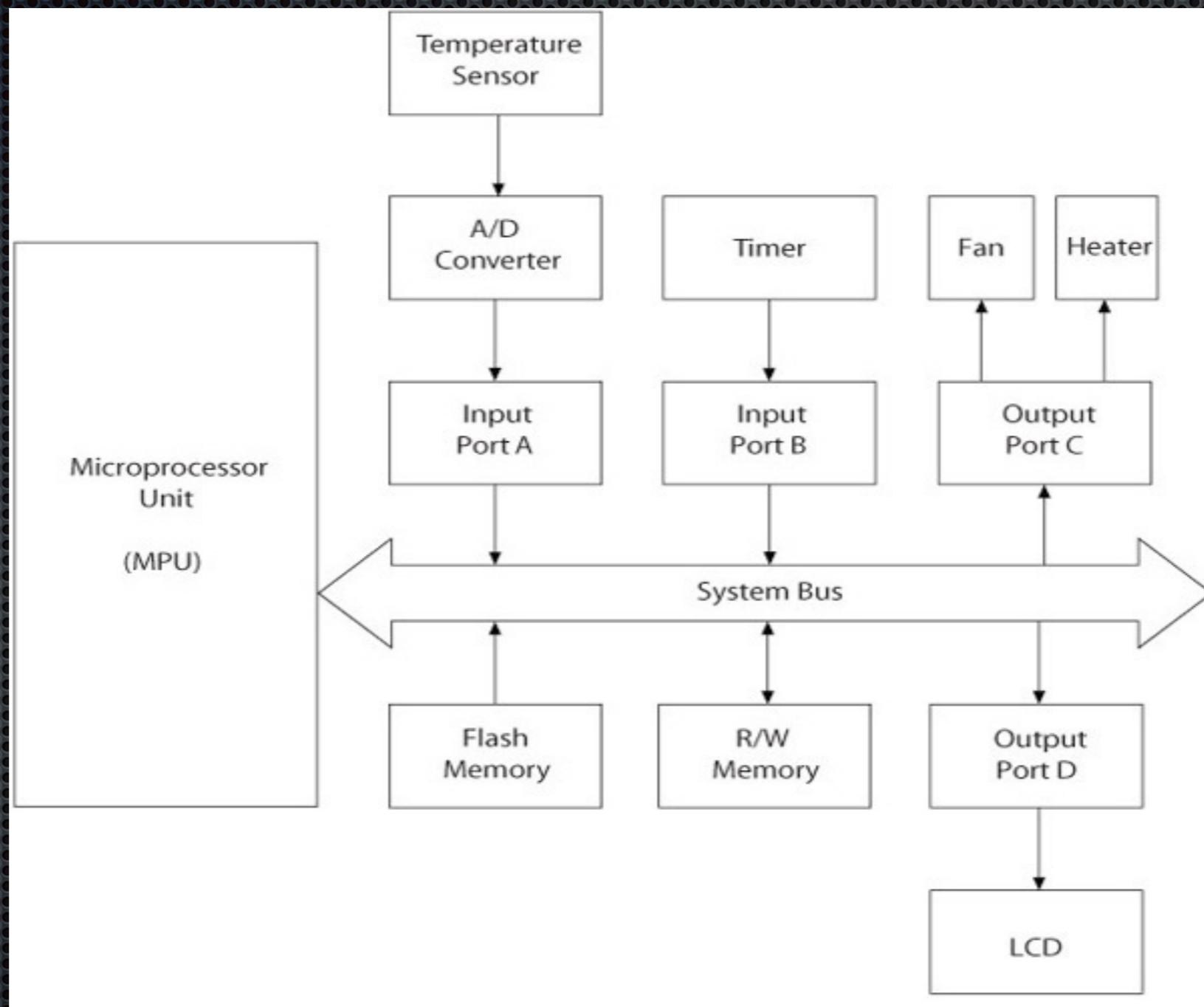
嵌入式微处理单元 (MPU)

- 嵌入式微处理器就是和通用计算机的处理器对应的CPU。
 - 功能和微处理器基本一样,是具有32位以上的处理器,具有较高的性能.
 - 具有体积小,功耗少,成本低,可靠性高的特点.
 - 有的可提供工业级应用.
- 流行的嵌入式微处理器:
 - ARM(ARM公司): Cortex-A8/A9/A15/A75/A76/A77/A78
 - Power
 - MIPS(MIPS公司)

框图



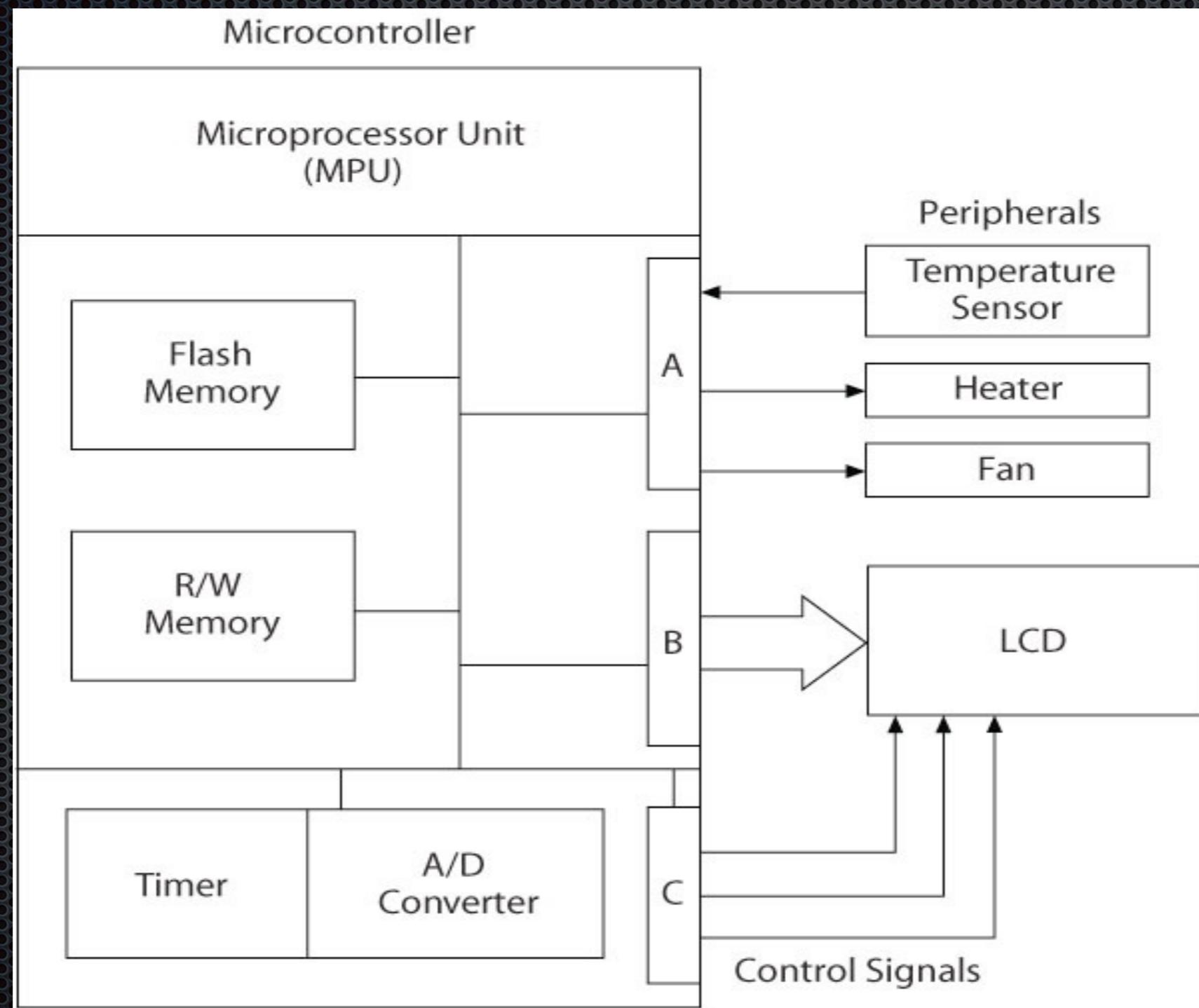
基于MPU的时间和温度系统



嵌入式微控制器（MCU）

- 嵌入式微控制器就是将整个计算机系统的主要硬件集成到一块芯片中,芯片内部集成ROM/EPROM, RAM, 总线, 总线逻辑, 定时/计数器, Watchdog, I/O, 串行口等各种必要功能和外设.
- 特点:
 - 一个系列的微控制器具有多种衍生产品;
 - 单片化,体积大大减小,功耗和成本降低,可靠性提高;
 - 是目前嵌入式工业的主流,约占嵌入式系统50%的份额;
 - 多是8位和16位处理器
- 流行的嵌入式微控制器
 - 通用系列:8051,Coldfire的MC683xx (32位) , Cortex-M0/3/4/7/M33/M35P
 - 半通用系列:支持I2C,CAN BUS及众多专用MCU和兼容系列

基于MCU的时间和温度系统



NXP i.MX RT系列跨界处理器

i.MX RT

定时器

更大的内存SRAM

安全性

依赖于即时解密

系统控制

ARM Cortex® - M7
指令和数据缓存、L2缓存、
紧耦合内存(TCM)

采用2D图形的多媒体

显示接口

相机接口

通过集成式DCDC进行电源管理

连接性 (UART、I²C、USB
、SPI、GPIO、10/100以太网
、USB 2.0等)

外部存储器支持
外部SDRAM、NOR、NAND

MCUXpresso

RTOS

KEIL™
Tools by ARM

IAR
SYSTEMS

嵌入式DSP

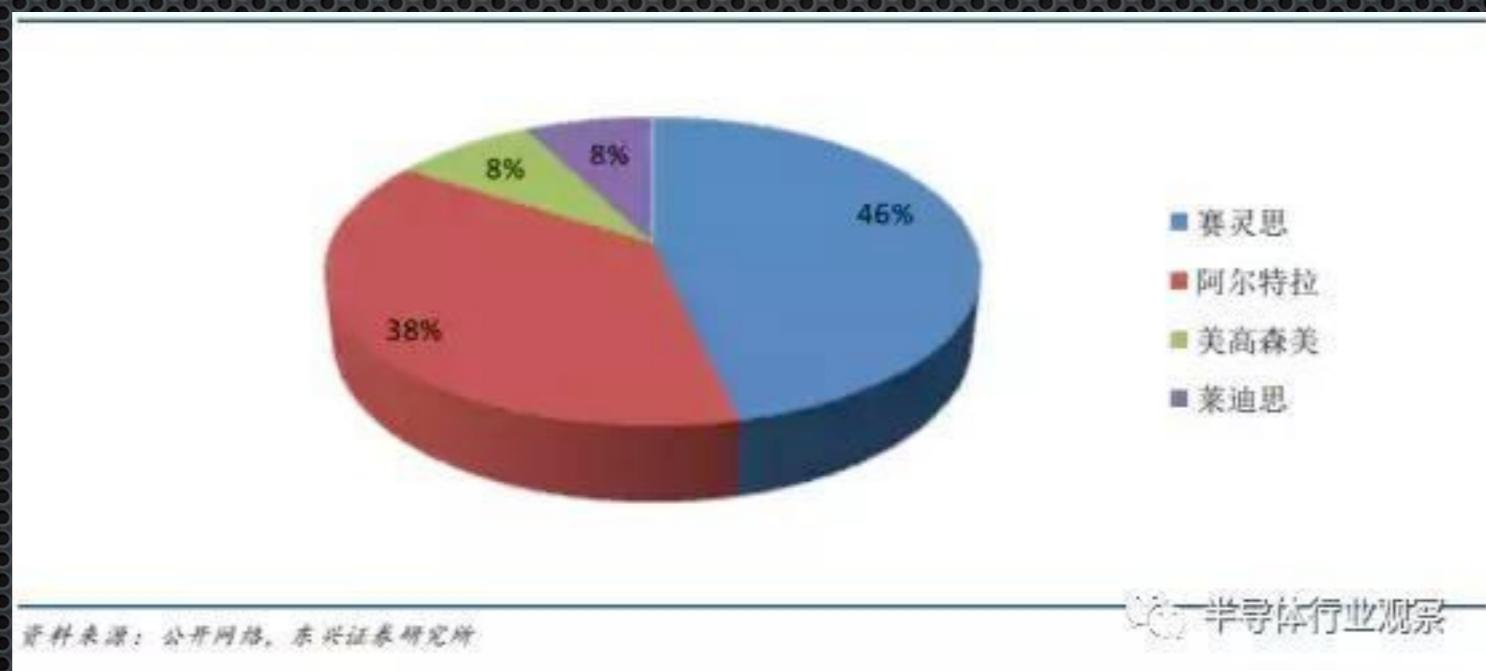
- 嵌入式DSP是专门用于信号处理方面的处理器，其在系统结构和指令算法方面进行了特殊设计，具有很高的编译效率和指令执行速度。
- 应用领域：
 - 数字滤波
 - 频谱分析
 - FFT
- 流行的嵌入式DSP
 - 德州仪器（TI），c6000 与 c5000
 - 模拟器件公司（ADI）
 - 摩托罗拉（Motorola）公司

嵌入式SoC

- 嵌入式SoC是追求产品系统最大包容的集成器件。绝大多数系统构件都在一个系统芯片内部。
- SoC芯片可以有效地降低电子/信息系统产品的开发成本，缩短开发周期，提高产品的竞争力。
- 特点：
 - 结构简洁
 - 体积小、功耗小
 - 可靠性高
 - 设计生产效率高
- 流行的SoC
 - 高通骁龙 (Snapdragon)
 - 海思

FPGA

- 现场可编程门阵列
 - 具有可编程特性的集成电路
- 赛灵思、阿尔特拉（被英特尔收购）



DSP与FPGA

DSP

通用的信号处理器，用软件实现数据处理

DSP成本低，算法灵活，功能性强

适合于控制功能复杂且含有大量计算任务的工程应用。

对较低速的事件串联执行，但是处理前可能会有些时延

FPGA

用硬件实现数据处理

FPGA的实时性好，成本较高

适合于控制功能算法简单且含有大量重复计算的工程使用

不能处理多事件，因为每个事件都有专用的硬件，但是采用这种专用硬件实现的每个事件的方式可以使各个事件同时执行；

TI嵌入式处理产品组合

TI Embedded Processors

Microcontrollers (MCUs)

16-bit ultra-low power MCUs

MSP430™

Up to 25 MHz

Flash
1 KB to 256 KB

Analog I/O, ADC
LCD, USB, RF

Measurement,
Sensing, General
Purpose

\$0.25 to \$9.00



32-bit real-time MCUs

C2000™
Delfino™
Piccolo™

40MHz to 300 MHz

Flash, RAM
16 KB to 512 KB

PWM, ADC,
CAN, SPI, I²C

Motor Control,
Digital Power,
Lighting, Ren. Energy

\$1.50 to \$20.00



ARM®-Based Processors

32-bit ARM Cortex™-M3 MCUs

Stellaris®
ARM® Cortex™-M3

Up to 100 MHz

Flash
8 KB to 256 KB

USB, ENET,
MAC+PHY CAN,
ADC, PWM, SPI

Connectivity, Security,
Motion Control, HMI,
Industrial Automation

\$1.00 to \$8.00



ARM Cortex-A8 MPUs

Sitara™
ARM® Cortex™-A8 & ARM9

300MHz to >1GHz

Cache,
RAM, ROM

USB, CAN,
PCIe, EMAC

Industrial computing,
POS & portable
data terminals

\$5.00 to \$20.00



Digital Signal Processors (DSPs)

DSP
DSP+ARM

C6000™
DaVinci™
video processors
OMAP™

300MHz to >1Ghz
+Accelerator

Cache
RAM, ROM

USB, ENET,
PCIe, SATA, SPI

Floating/Fixed Point
Video, Audio, Voice,
Security, Conferencing

\$5.00 to \$200.00



Multi-core DSP

C6000™

24.000
MMACS

Cache
RAM, ROM

SRIO, EMAC
DMA, PCIe

Telecom test & meas,
media gateways,
base stations

\$40 to \$200.00



Ultra Low power DSP

C5000™

Up to 300 MHz
+Accelerator

Up to 320KB RAM
Up to 128KB ROM

USB, ADC
McBSP, SPI, I²C

Audio, Voice
Medical, Biometrics

\$3.00 to \$10.00



Cortex-A	Cortex-R	Cortex-M	Machine Learning	SecurCore
				
Highest Performance Supreme performance at optimal power	Real-Time Processing Reliable mission-critical performance	Lowest Power, Lower Cost Powering the most energy efficient embedded devices	Efficiency Uplift for All Devices Project Trillium for unmatched versatility and scalability	Tamper Resistant Powerful solutions for security applications
Example use cases: Automotive Industrial Medical Modem Storage	Example use cases: Automotive Cameras Industrial Medical	Example use cases: Automotive Energy grid Medical Secure embedded applications Smart cards Smart devices Sensor fusion Wearables	Example use cases: Artificial intelligence Augmented reality Edge computing Neural network frameworks Object detection Virtual reality	Example use cases: Advanced payment systems Electronic passports SIM Smart cards

嵌入式微处理器的特点

- 基础是通用微处理器
- 与通用微处理器相比的区别：
 - 体积小、重量轻、可靠性高
 - 功耗低
 - 成本低：片上存储、引脚与封装、代码密度
 - 工作温度、抗电磁干扰、可靠性等方面增强

ARM公司

- 成立于1990年11月
 - 从Acorn电脑公司剥离出来
- 设计ARM系列的RISC处理器内核
- 授权ARM核心设计的半导体合作伙伴制造和销售给他们的客户。
- 同时开发技术以协助ARM架构的设计
 - 软件工具、电路板、调试硬件、应用软件、总线架构、外围设备等



ARM的全球合作伙伴

Silicon Partners

Our network of silicon partners delivers Arm-based systems on chip (SoCs) optimized for targeted market opportunities.

OEMs & ODMs

We have teamed up with OEMs and ODMs to provide meaningful input and feedback on new designs and sometimes license our technology directly.

System Integrators

Our wide range of system integrators can provide faster turnaround for products that meet your specifications.

Software

Arm's ecosystem of software partners provide customers a wide range of products to get to market faster than the competition.

Hardware/Bboards

Arm development boards are the ideal platform for accelerating the development and reducing the risk of new SoC designs. Arm single board computers help customers save time and hassle by getting to production sooner and with less manufacturing overhead.

Service Providers

Our service provider partners serve Arm customers from concept and development through to ongoing support.

Development Tools

Created by experts in the Arm architecture, partners in development solutions are designed to accelerate engineering from SoC design through to software application development.

Training Partners

Experienced technology trainers write and deliver training information on a wide range of Arm technology topics in an approachable format.

Distributors

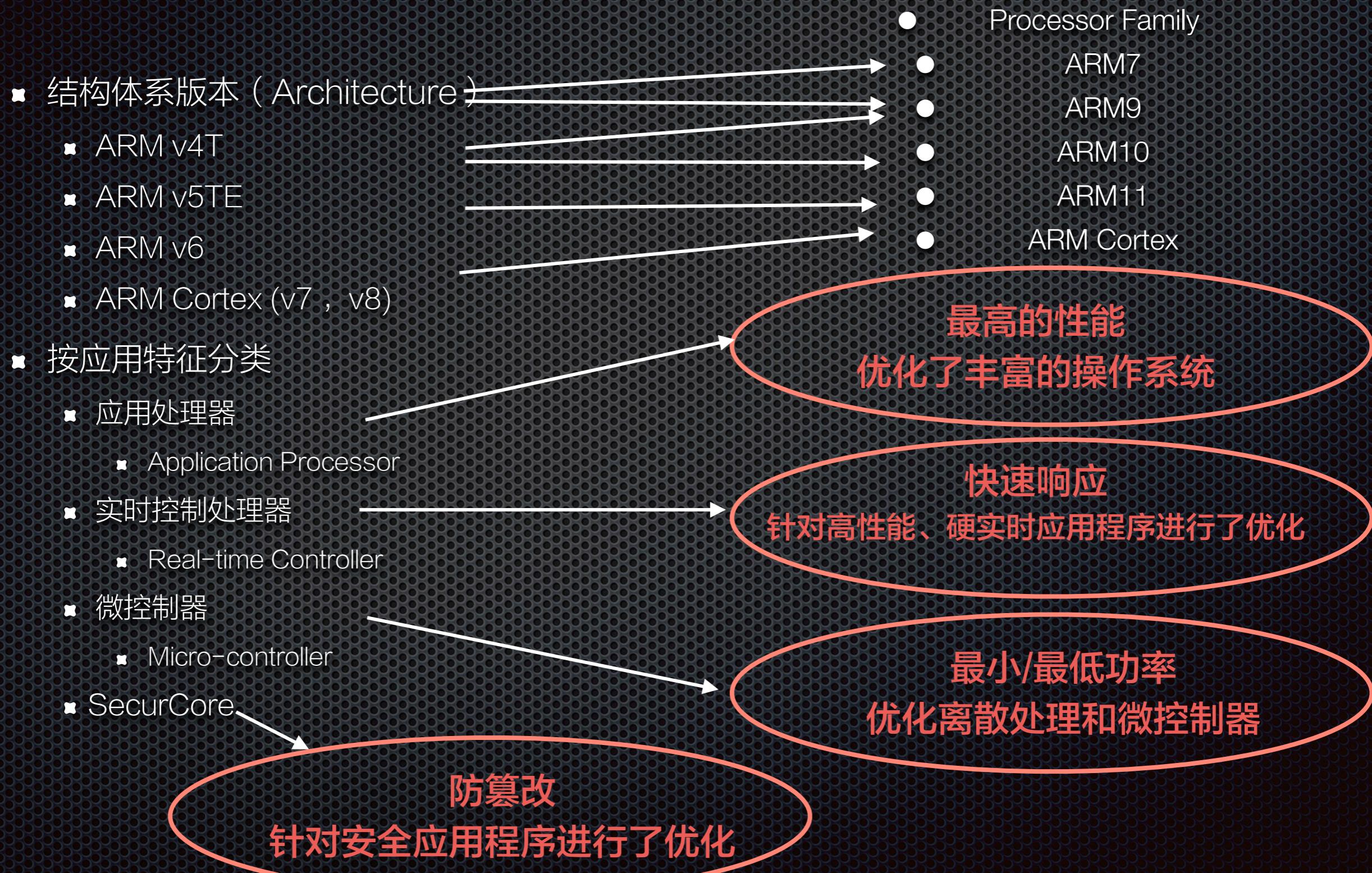
Arm has partnered with distributors and agents globally (Americas, APAC and EMEA) to provide access to our technology through partner products.

ARM处理器的主要应用领域



- 消费类电子产品：ARM技术在目前流行的数字音频播放器、数字机顶盒和游戏机中得到了广泛采用；
- 无线通讯领域：目前大部分无线通讯设备采用了ARM技术，ARM以其高性价比和低成本，在该领域的地位日益巩固；
- 网络应用：随着宽带技术的推广，采用ARM技术的ADSL芯片正逐步获得竞争优势，此外，ARM在语音及视频处理上进行了优化，并获得广泛支持，这也对DSP的应用领域提出了挑战；
- 工业控制领域：基于ARM核的微控制器芯片不但占据了高端微控制器的大部分市场份额，同时也逐渐向低端微控制器应用领域扩展，Cortex-M系列就是ARM公司推出的典型低功耗、高性价比32位工控微控制器，向传统的8位/16位微控制器提出了挑战；
- 成像和安全产品：现在流行的数码相机和打印机中绝大部分采用ARM技术，手机中的32位SIM智能卡也采用了ARM技术；

ARM处理器的分类



ARM架构

- 典型的RISC结构:

- 丰富的寄存器
- 加载/存储体系结构
- 简单寻址模式
- 统一和固定长度的指令字段

ARM架构(2)

- 增强功能:
 - 每条指令控制ALU和移位器
 - 自动递增和自动递减寻址模式
 - 多个加载/存储
 - 条件执行

ARM架构(3)

- 结果:
 - 高性能
 - 低代码大小
 - 低功耗
 - 低硅面积

流水线

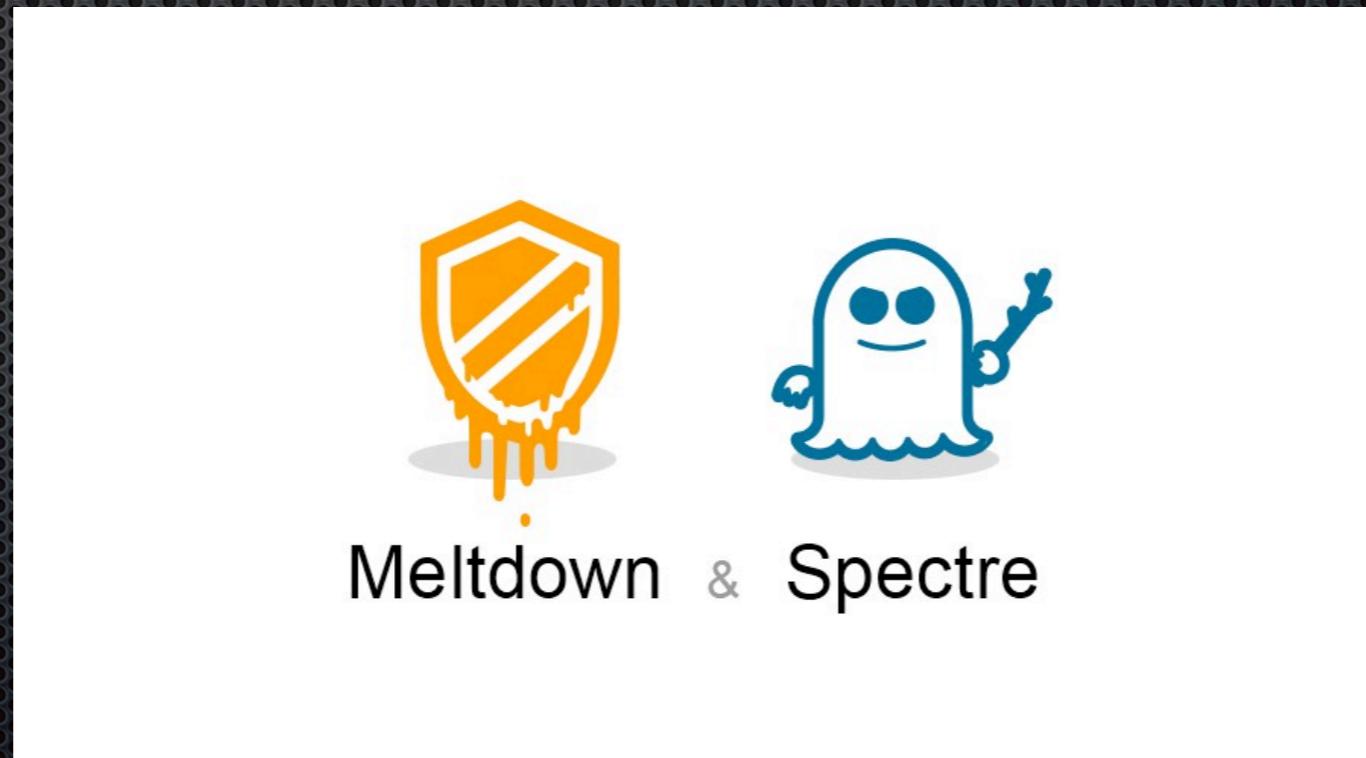
- 提高速度-大多数指令在一个周期内执行
- 版本：
 - 3级(ARM7TDMI及更早版本)
 - 5级(ARMS, ARM9TDMI)
 - 6级(ARM10TDMI)

流水线-2

- 流水线清空，导致执行速度变慢
 - 分支指令
- 分支预测技术
 - 静态
 - 动态

Meltdown & Spectre

- 近20年的Intel, AMD, Qualcomm厂家和其它ARM的处理器受到影响；
- 因为此次CPU漏洞的特殊性，包括Linux, Windows, OSX等在内的操作系统平台参与了修复；
- Firefox, Chrome, Edge等浏览器也发布了相关的安全公告和缓解方案；

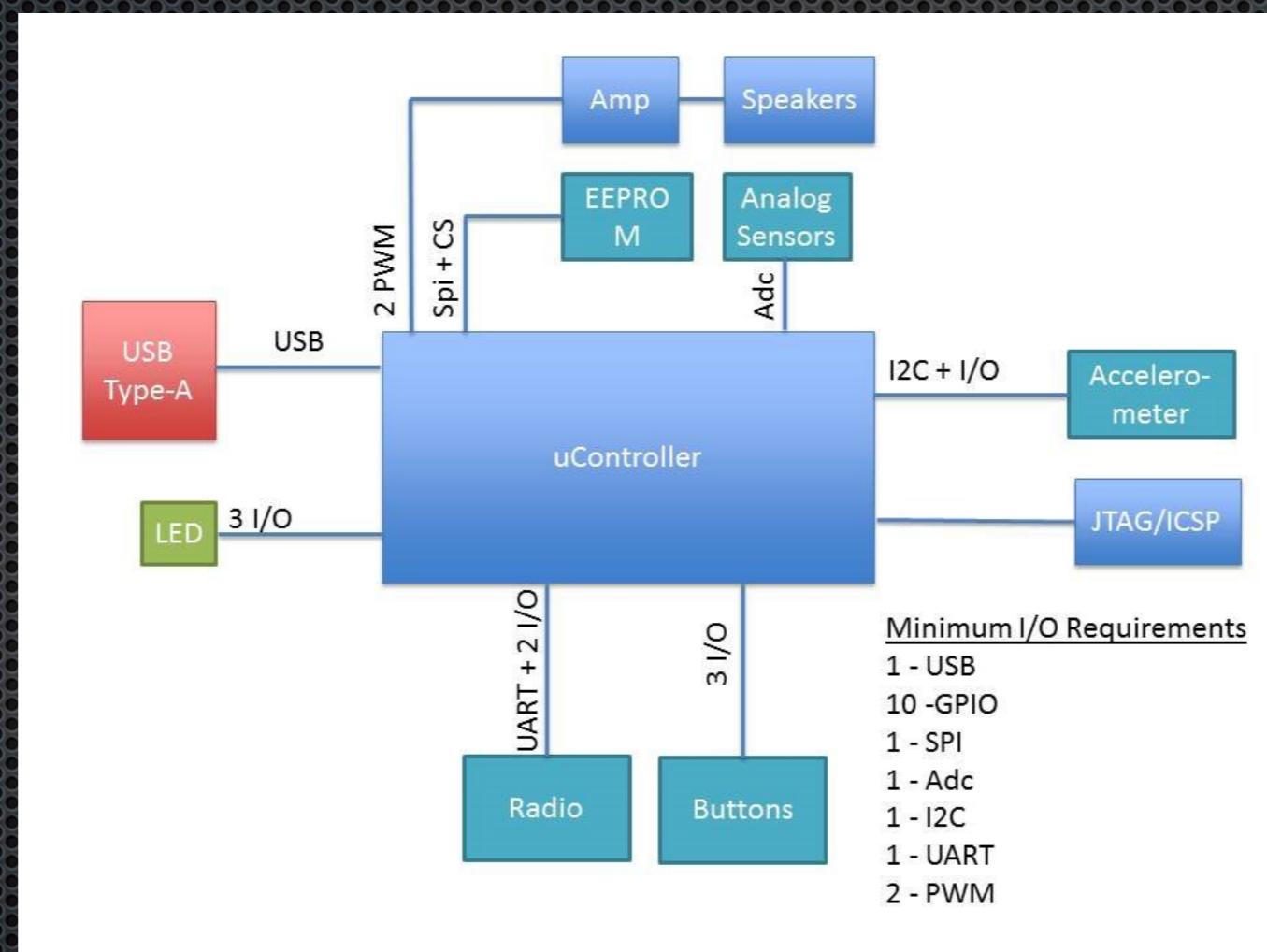


选择微处理器的准则

- 高效、经济地满足任务的计算需求
 - 速度, ROM和RAM的数量, I/O端口和定时器的数量, 尺寸, 封装, 功耗
 - 易于升级
 - 单位成本
- 软件开发工具的可用性
 - 汇编器, 调试器, C编译器, 仿真器, 模拟器, 技术支持
- 广泛的可用性和可靠的微控制器来源

选择微处理器的十个步骤

步骤1: 列出所需的硬件接口



jacobbeningo

<https://community.arm.com/iot/embedded/b/embedded-blog/posts/10-steps-to-selecting-a-microcontroller>

<https://community.arm.com/cn/f/discussions/4097/thread>

选择微处理器的十个步骤（续）

- 步骤2: 检查软件架构
- 步骤3: 选择体系结构
- 第四步: 确定内存需求
- 步骤5: 开始搜索微控制器
- 第六步: 检查成本和功率限制
- 步骤7: 检查零件的可用性
- 步骤8: 选择一个开发工具包
- 步骤9: 研究编译器和工具
- 步骤10: 开始尝试

References

- <https://www.processon.com/view/link/5c91f1b6e4b09a16b9a9acfe#map>
- <https://www.arm.com/>
- <https://github.com/Eugnis/spectre-attack>
- <https://spectreattack.com/>

谢谢！！！