



*Universidade Federal de Ouro Preto*  
*Departamento de Computação e Sistemas - DECSI*

## **Computação Vestível**

### *Introdução aos Sistemas Embarcados*

*Vicente Amorim*  
*vicente.amorim.ufop@gmail.com*  
*www.decom.ufop.br/vicente*



# Introdução

---



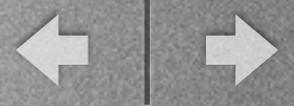


## Introdução

---

### \* O que são?

- “*Sistemas computacionais desenvolvidos para executar poucas funções dedicadas, frequentemente com requisitos fortes de tempo*”.
- Pode ser embarcado como parte da solução de um sistema completo.
- Inversamente, um computador de propósito geral é desenvolvido para ser suficientemente flexível de forma a atingir um grande número de usuários finais.



## Introdução

---

### \* O que são?

- Sistemas embarcados normalmente são limitados em *hardware* e *software* em relação a computadores pessoais.
- Sistemas embarcados normalmente requerem mais qualidade e confiabilidade.



# Introdução

---

## \* Exemplos

- Ar-condicionado.
- DVD-players.
- Câmeras digitais.
- Aparelhos de fax.
- *Smartphones*.
- Sistemas de seg. doméstica.
- Sistemas de naveg. GPS.
- Consoles video-game.
- Impressoras.
- Foto-copiadoras.
- *SmartTVs*.
- *Scanners*.
- *Wearable* (vestíveis).
- *etc.*



# Introdução

## \* Exemplos





# Introdução

## \* Exemplos





# Introdução

## \* Exemplos



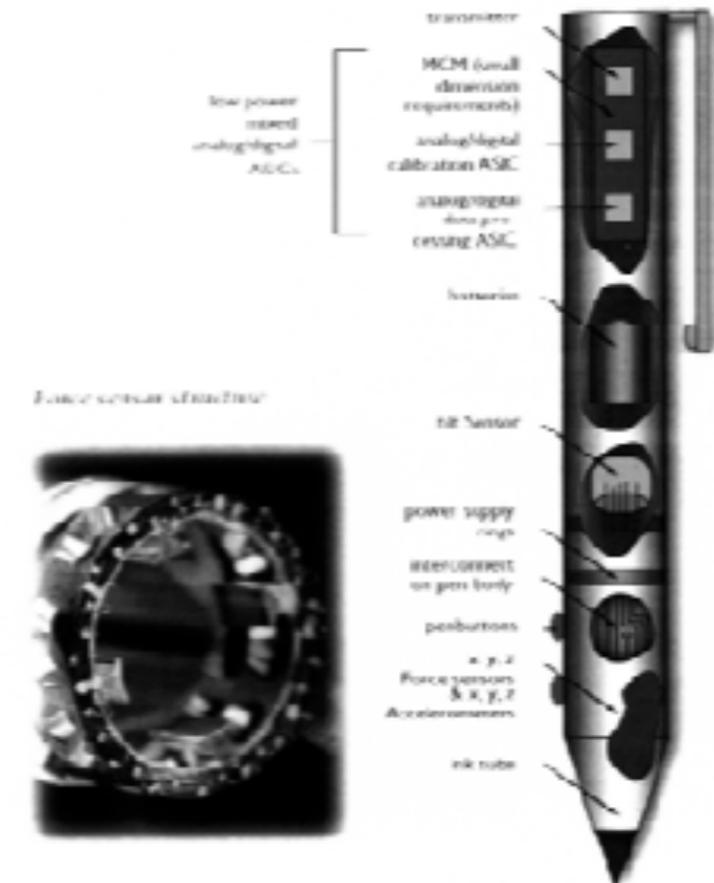


# Introdução

## \* Exemplos



**Tire Pressure Sender**



**SmartPen**



## Introdução

---

### \* Ambiente e Aplicabilidade

- Sistemas embarcados comumente vem agregados a um conjunto de sensores.
- Objetivo: Obtenção de dados do ambiente e tomada de decisões mais acertadas.
- Ex.: Lavadora de roupas.
- 99% da produção mundial de microprocessadores é utilizada em sistemas embarcados.

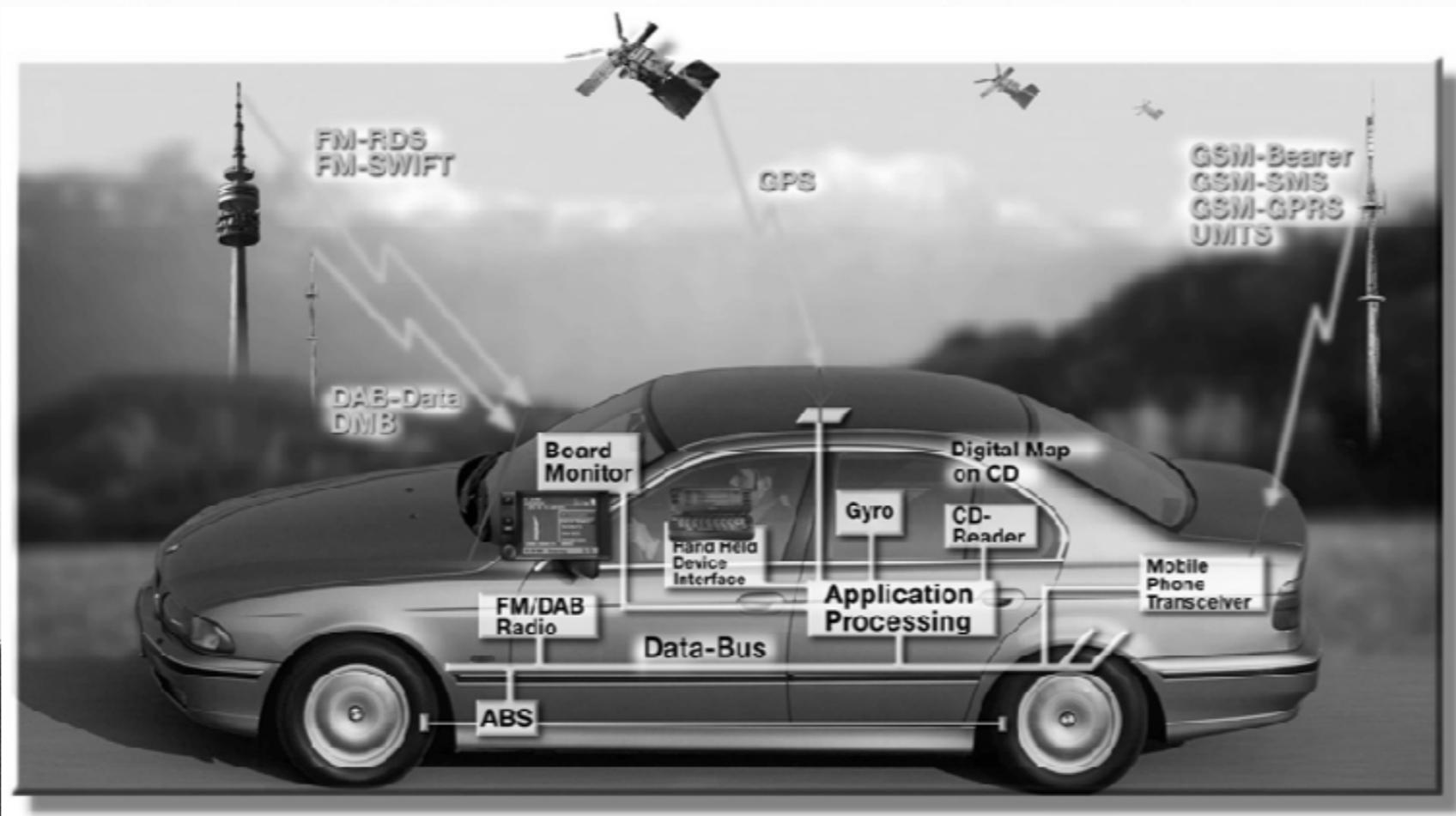


# Introdução

## \* Ambiente e Aplicabilidade

- Exemplo: Embarcados na área automotiva

- ✓ Mais de 30% do custo de um automóvel está na parte eletrônica.
- ✓ 90% das inovações dos próximos anos serão todas baseadas na eletrônica.

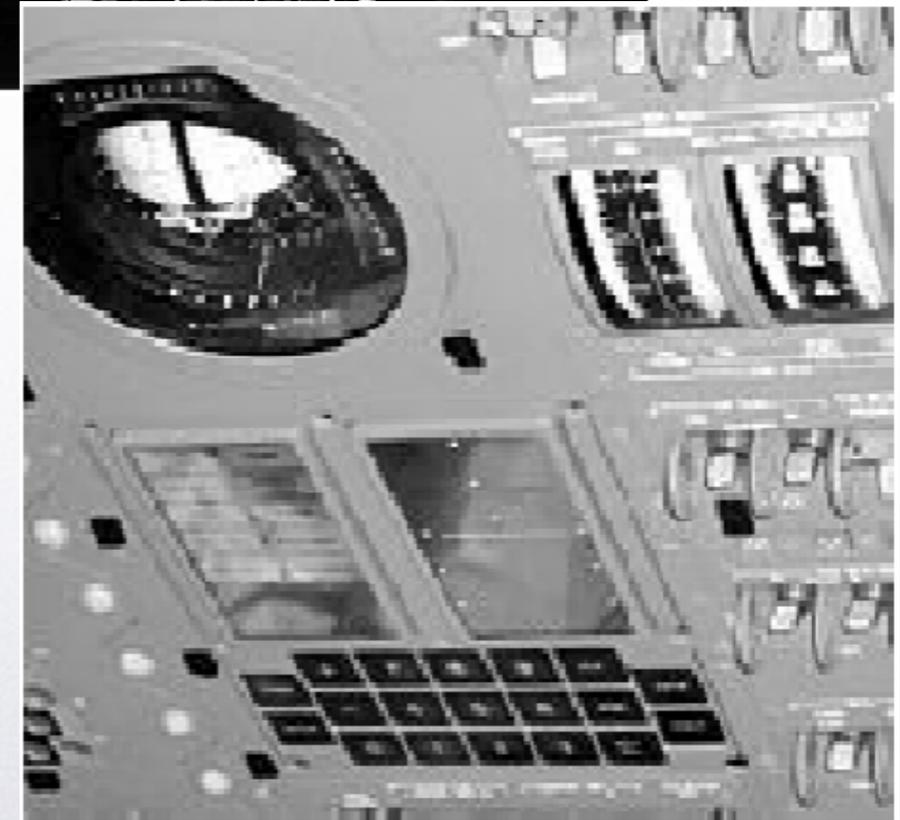
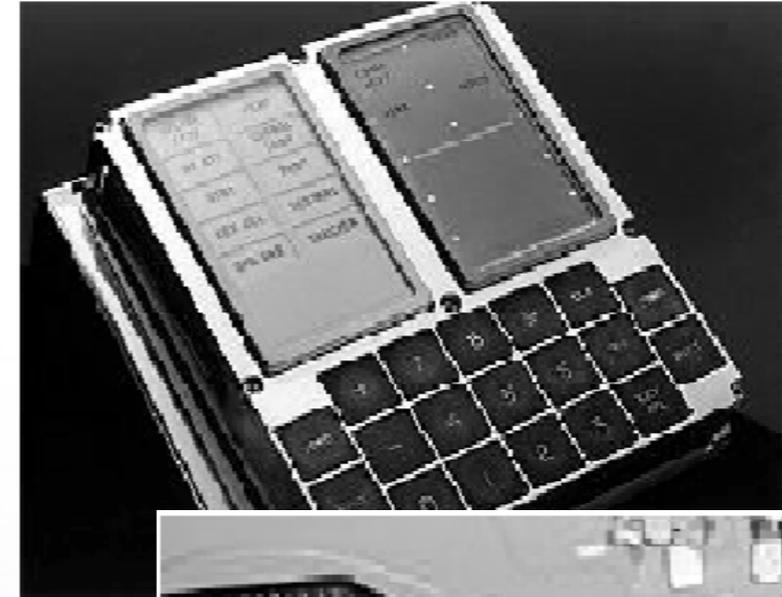




# Introdução

## \* História

- Nos idos das décadas de 30 e 40, computadores eram basicamente dedicados a somente uma tarefa.
- Um dos primeiros computadores reconhecidamente moderno foi o utilizado na missão Apollo, desenvolvido pelo MIT.



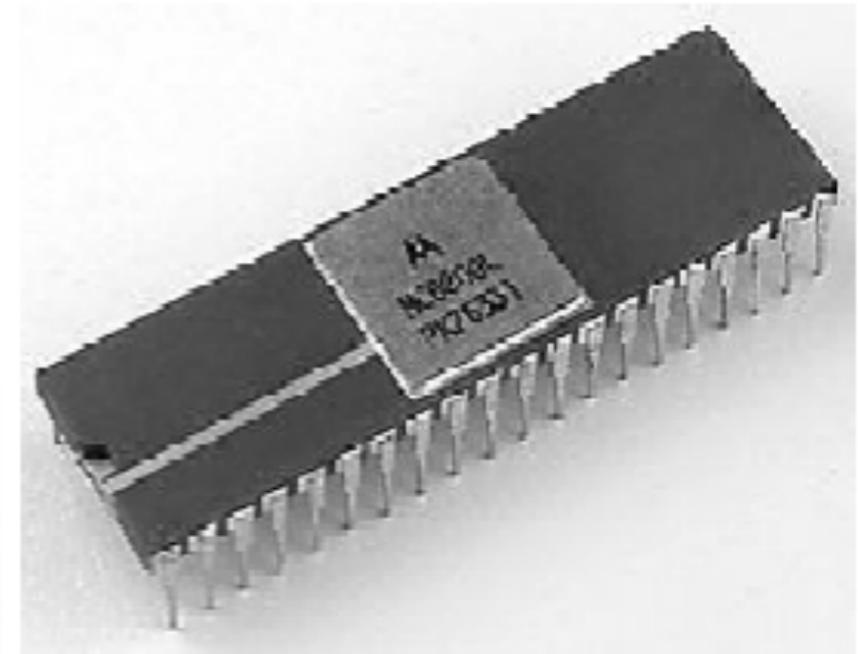


# Introdução

## \* História

- À partir das primeiras aplicações nos anos 60, os sistemas embarcados foram reduzindo de preço e aumentando sua eficiência (processamento e energia).

- O primeiro processador (Intel 4004) foi desenvolvido para calculadoras e outros sistemas pequenos, entretanto, requeria memória externa e *chips* de suporte.

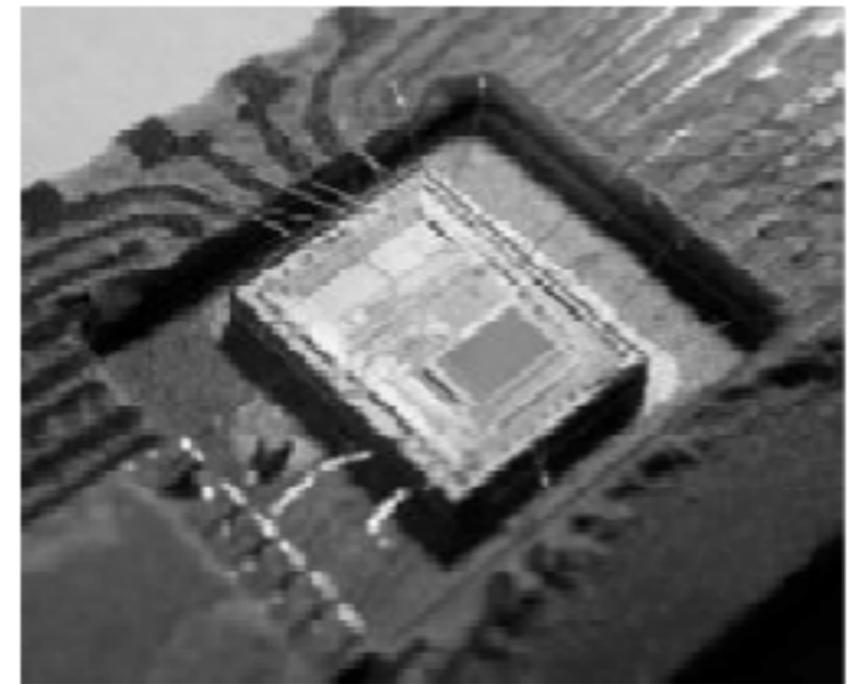




# Introdução

## \* História

- Em meados dos anos 80 a maioria dos componentes externos já haviam sido integrados em um único *chip*.
- Tal integração junto ao processador fez nascer os **microcontroladores**.
- Esse formato se espalhou e ao final da década já era o padrão da indústria.

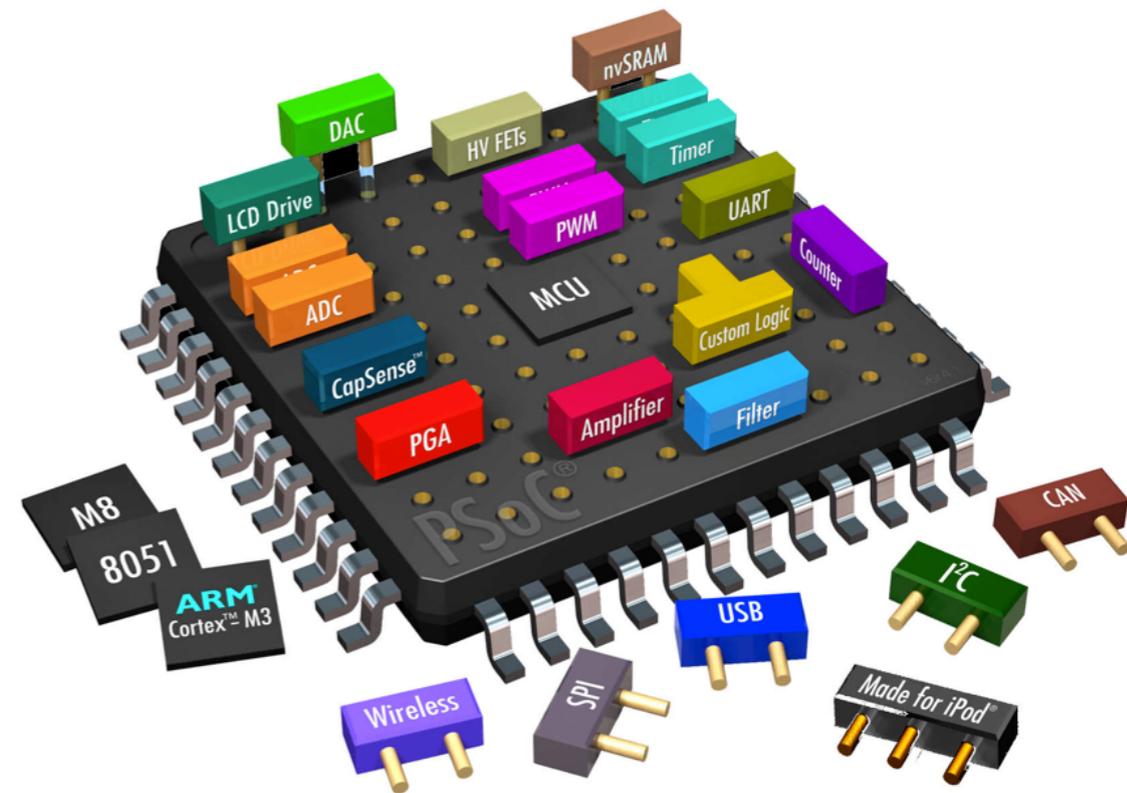




# Introdução

## \* História

- Atualmente os microcontroladores estão dando lugar aos *chips* totalmente integrados.
- Os SoCs (*System on Chips*) possuem de forma integrada todos os componentes anteriormente externos.
- Tal formato otimiza os recursos do sistema.





## Introdução

---

### \* Principais Atributos de um Sistema Embarcado

- Operação em tempo-real.
- Sensoriamento e controle.
- Baixo custo.
- Baixo consumo energético.
- Autonomia.
- Dependência.



## Introdução

---

### \* Características

#### - Propósito especial

✓ Normalmente é desenhado para executar um único programa, de forma repetida.

✓ Este único programa possui também um objetivo único.

✓ Atualmente, apesar de executar múltiplas funções ao mesmo tempo, o objetivo final continua sendo único.

✓ Baixo custo e muito eficiente.





## Introdução

---

### \* Características

- Fortemente restritos

✓ Baixo custo.

✓ Sistemas relativamente simples.

✓ Poucos componentes de *software*.

✓ Executa as tarefas assim que o *hardware* permitir.

✓ Mínimo gasto energético.





# Introdução

---

## \* Características

- Reativos e em tempo-real

✓ Reativos: Continuamente reagem a eventos externos.

✓ Tempo-real: Obrigatoriamente necessitam computar certos resultados dentro de um limite específico de tempo.



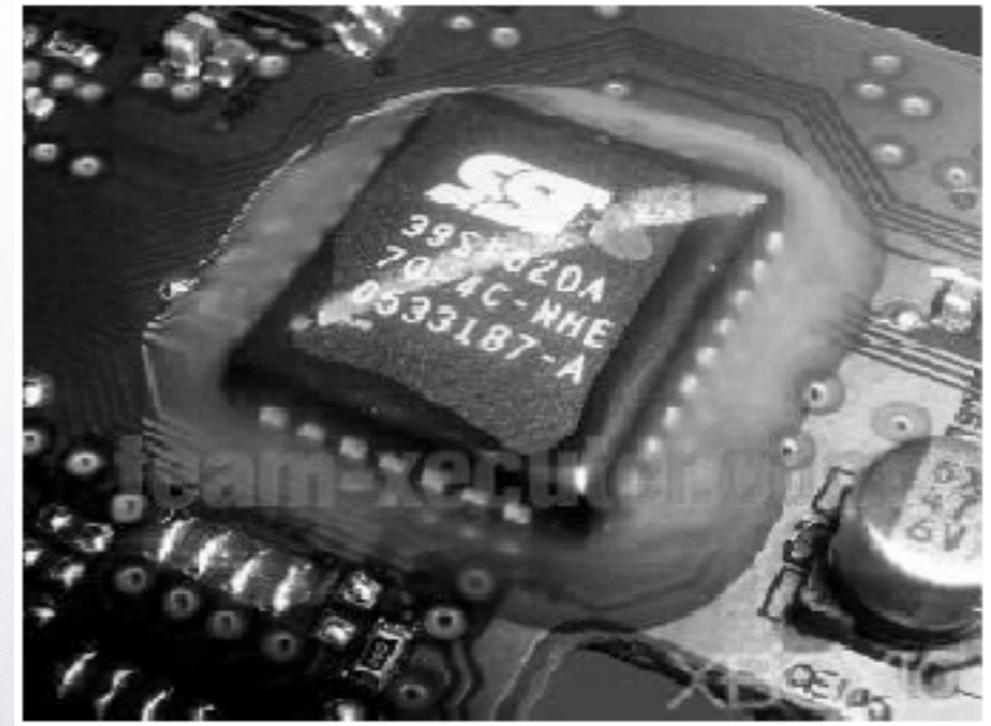


# Introdução

---

## \* Características

- Coexistência entre *hardware* e *software*
  - ✓ O *software* escrito para um sistema embarcado é normalmente chamado de *firmware*.
  - ✓ É comum que seja armazenado em memórias somente leitura ou memória *flash*.
  - ✓ Não é comum a utilização de discos rígidos - exceto em soluções de necessidade específica.

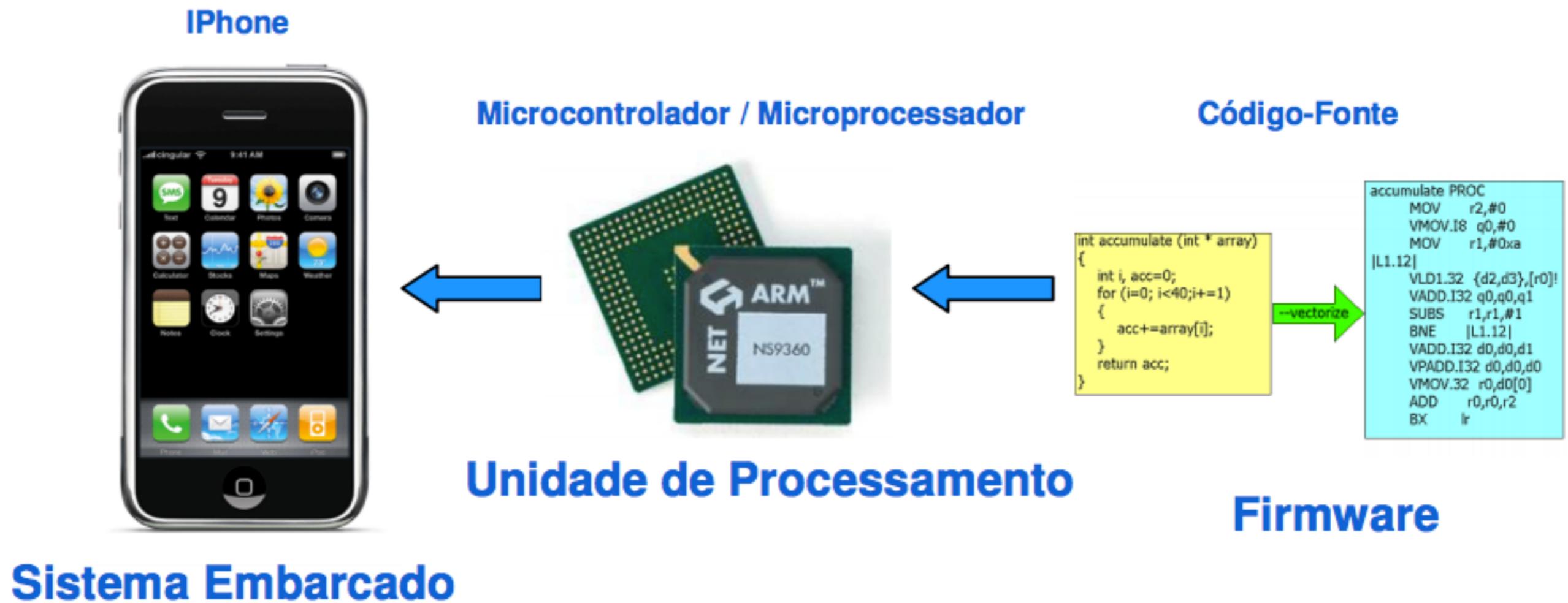




# Introdução

## \* Características

- Coexistência entre *hardware* e *software*



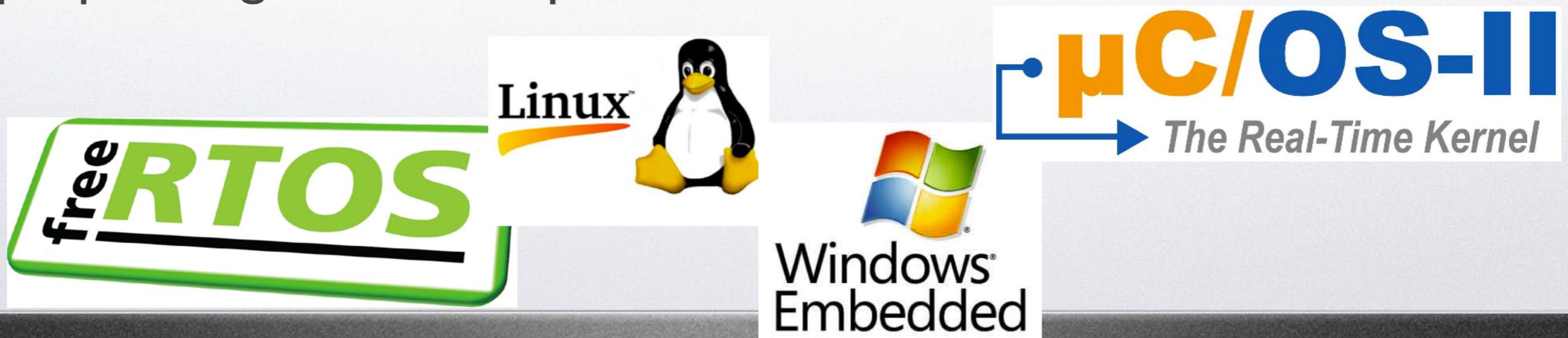


## Introdução

---

### \* Sistemas Operacionais

- Usualmente não existe um sistema operacional.
- Quando existem, são desenvolvidos para serem muito eficientes e compactos.
- Não implementam muitas das funcionalidades que SOs de propósito geral contemplam.





## Introdução

---

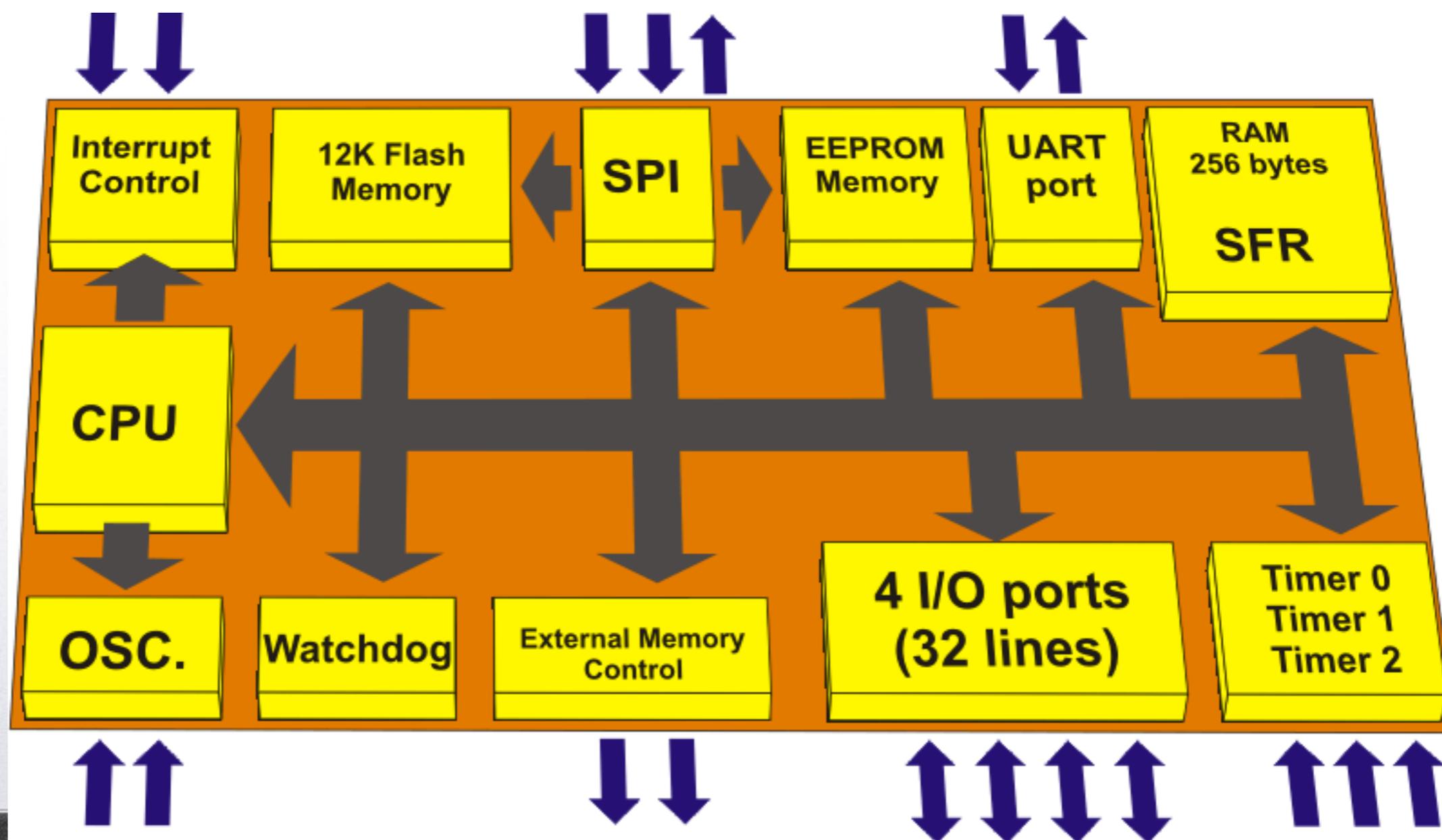
### \* SoC (*System on Chip*)

- Integração de todos os componentes de um computador (ou sistema eletrônico) em um único circuito integrado.
- Pode conter componentes digitais, analógicos, DSPs, comunicação, etc.
- Aplicações típicas: Telefones celulares comuns, *smartphones*, *smartTVs*, etc.



# Introdução

## \* Arquitetura Comum de um SoC





## Introdução

---

### \* Desenvolvimento de *Software*

- O processo de desenvolvimento de *software* pode ser representado pelo modelo cíclico (cascata) ou modelo de incremento linear.
- Análise, *design*, implementação e manutenção são os quatro estágios do desenvolvimento.
- Desenvolvimento para embarcados possui mais restrições que desenvolvimento para *softwares* convencionais.



## Introdução

---

### \* Ferramentas de Desenvolvimento

- Desenvolvedor utiliza compiladores, *assemblers*, e *debuggers* para o desenvolvimento de sw embarcado.

- Além desses:

✓ Emuladores e/ou *debuggers* de circuitos;

✓ Utilitários para adição de CRC ou *checksum* a um programa (validação);

✓ Para sistemas que fazem uso de DSPs: *frameworks* do MATLAB, MathCad, ... para simulação.

✓ Pode-se utilizar ainda um RTOS ou SO embarcado - dependendo dos requisitos.



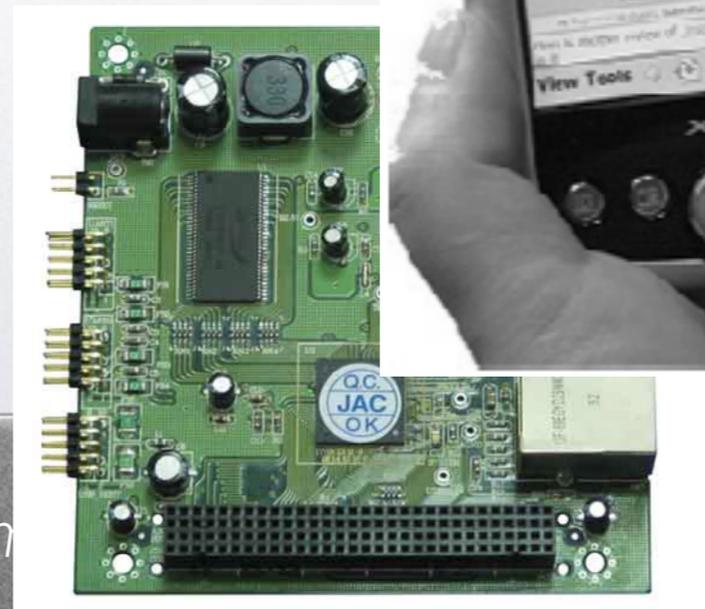
# Introdução

## \* Interface com o usuário

- Sistemas embarcados podem ou não possuir interface com o usuário.

✓ Sem interface gráfica: Normalmente dedicados a uma única tarefa;

✓ Com interface gráfica: Podem se parecer com um *desktop* comum ou algo meio termo.





## Introdução

---

### \* Mais Exemplos de Aplicações

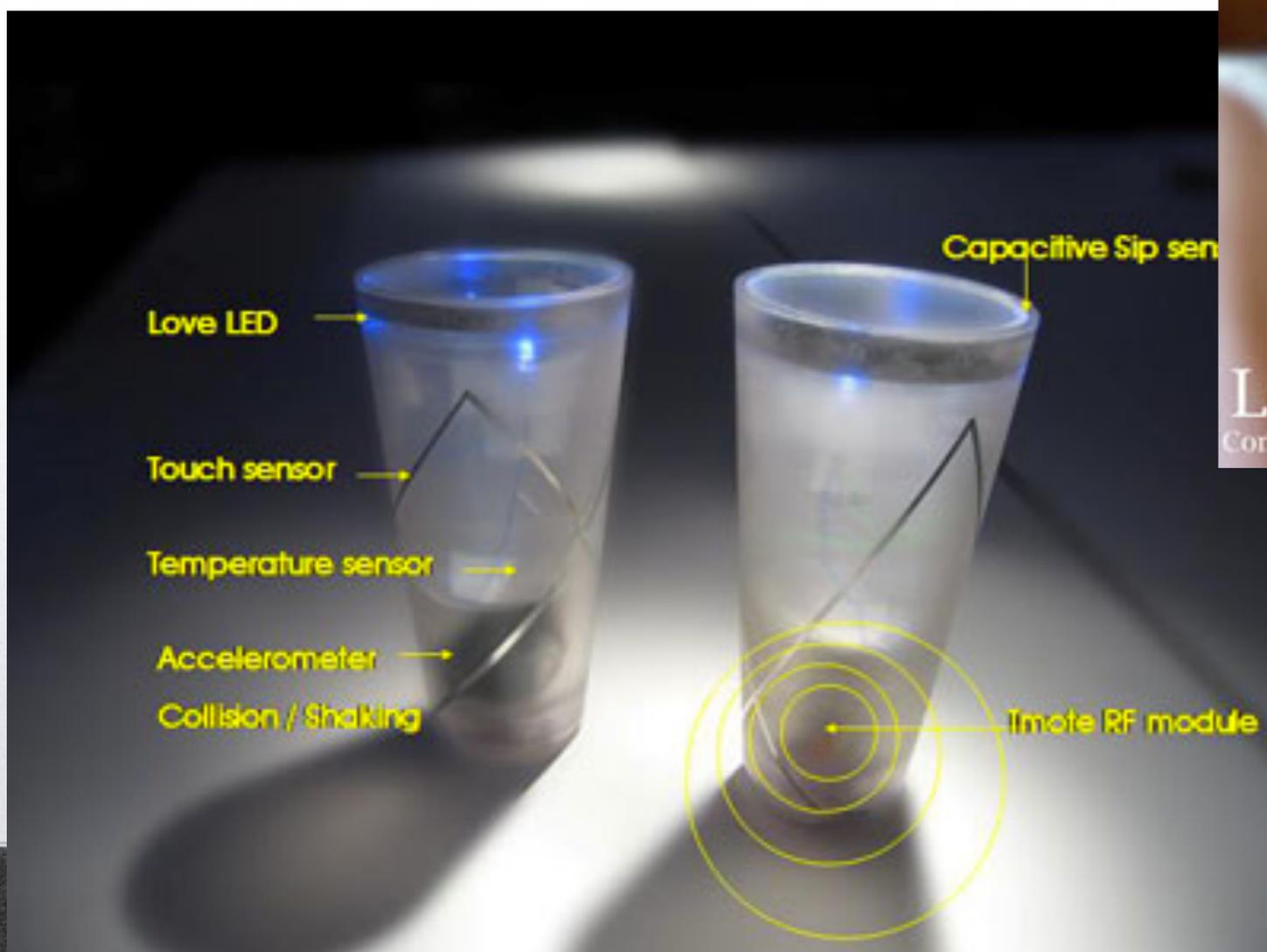
#### - Lover's Cup

- ✓ Duas canecas/taças conectadas via wi-fi;
- ✓ Possuem sensores SIP e iluminação com LEDs;
- ✓ Taças brilham quando se bebe algo;
- ✓ “Momento” da bebida pode ser compartilhado remotamente com o par.



# Introdução

- \* Mais Exemplos de Aplicações
  - Lover's Cup





## Introdução

---

### \* Mais Exemplos de Aplicações

- Lover's Cup

<https://www.youtube.com/watch?v=pAlt0NCZhkQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=LsNwdtGjEY0>



## Introdução

---

### \* Mais Exemplos de Aplicações

#### - Lego MindStorms NXT

- ✓ Dispositivos lógicos programáveis;
- ✓ Combina motores, blocos de montar e sensores para produzir elementos autônomos;
- ✓ Primeira versão foi liberada em 1998;
- ✓ Criado pela Lego e MIT Media Lab.



## Introdução

---

### \* Mais Exemplos de Aplicações

- Lego MindStorms NXT - Especificações
  - ✓ ARM7 32-bits;
  - ✓ 256Kbytes de *flash*;
  - ✓ 64Kbytes RAM;
  - ✓ Suporte a comunicação via *Bluetooth*;
  - ✓ USB (12Mbits/s);
  - ✓ 4 portas de entrada (padrão IEC 61158 - 6 fios);
  - ✓ 3 portas de saída;
  - ✓ *Display* LCD 100x64 pixels;
  - ✓ *Speaker* - 8 kHz;
  - ✓ Alimentação: 6 baterias AA.



## Introdução

---

### \* Mais Exemplos de Aplicações

#### - Lego MindStorms NXT - Especificações

✓ Sensores de toque, som, luz e ultrassônico.

✓ Servo motores;

✓ *Bluetooth* e USB;

✓ *Software* NXT (parecido com LabView);

✓ Componentes Lego.



# Introdução

## \* Mais Exemplos de Aplicações

- Lego MindStorms NXT - Especificações





## Introdução

---

- \* Mais Exemplos de Aplicações
  - Lego MindStorms NXT - Exemplos: Drifting





## Introdução

---

### \* Mais Exemplos de Aplicações

- Lego MindStorms NXT - Exemplos: Segway





## Introdução

---

### \* Mais Exemplos de Aplicações

