

# Sistemas eletrônicos embarcados

Ewaldo Luiz de Mattos Mehl  
Universidade Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Elétrica  
[mehl@ufpr.br](mailto:mehl@ufpr.br)



1

## Conceito de sistema eletrônico embarcado

- **Sistemas eletrônicos embarcados** (*Embedded Electronics Systems*) são sistemas computacionais de uso específico, com seus recursos computacionais como memória e poder de processamento projetados restritamente para este propósito especial.

2

## Conceito de sistema eletrônico embarcado

- Computadores comuns são sistemas de uso geral
- Um mesmo computador pessoal pode ser usado para realizar tarefas diversas
- Sistemas Embarcados geralmente realizam uma única tarefa

3

## Conceito de sistema eletrônico embarcado

- *Embedded Electronic System* (**Sistema Eletrônico Embarcado** ou Sistema Eletrônico Embutido)
- Combinação de **hardware** e **software**
- Interfaces de entrada e saída específicas e dedicadas
- Realiza uma função específica para a qual foi programado
- É reconfigurável via *software*
- Um sistema eletrônico é dito *embarcado* quando é dedicado a uma única tarefa e interage continuamente com o ambiente a sua volta por meio de sensores e atuadores, gerenciado por um *software* reconfigurável.

4

## Conceito de sistema eletrônico embarcado

- Um sistema eletrônico embarcado realiza apenas um conjunto de tarefas pré-definidas
- Consequências do sistema ser dedicado à tarefas específicas:
  - O circuito eletrônico é otimizado para realizar apenas aquela tarefa
  - Redução do tamanho
  - Redução dos recursos computacionais
  - Redução do custo final
  - Aumento da confiabilidade

## Conceito de sistema eletrônico embarcado

Em um sistema eletrônico embarcado a interface com o usuário é geralmente simples e limitada

- Botão liga-desliga
- LEDs sinalizadores das principais funções
- Teclado
- *Display* de Cristal Líquido
- Botão de *reset*
- *Web-based interface*

Name	Min	Max
Estimated BER	1000	2365
Error Seconds	44	63
Severe Error Seconds	33	60
Loss of Frame Seconds	108	44
Min RSL	2401	1709
Max RSL	3501	3460
Current RSL	2547	3259
Total Elapsed Seconds	576	395

## Conceito de sistema eletrônico embarcado

- Devido aos constantes avanços na tecnologia e a queda nos custos de implementação tanto de componentes de *software* como *hardware*, a definição de Sistemas Embarcados está em aberto.
  - Alguns sistemas, como celulares, Palmtops, PDAs e TV Digital, estão se tornando bem completos, fugindo ao conceito inicial e aproximando-se a um sistema de uso genérico.

## Conceito de sistema eletrônico embarcado

- Descrições atualmente contestadas:
  - Sistemas Embarcados são mais limitados em funcionalidades de *hardware* e/ou *software* que um PC?
  - Sistemas Embarcados são desenvolvidos para executar tarefas específicas?
  - É requerido maior qualidade e confiabilidade dos Sistemas Embarcados que de outros sistemas computacionais?

Conclusão: **Alguns dispositivos classificados como Sistemas Embarcados na verdade estão deixando de ser ou já não os são!**

## História dos sistemas eletrônicos embarcados

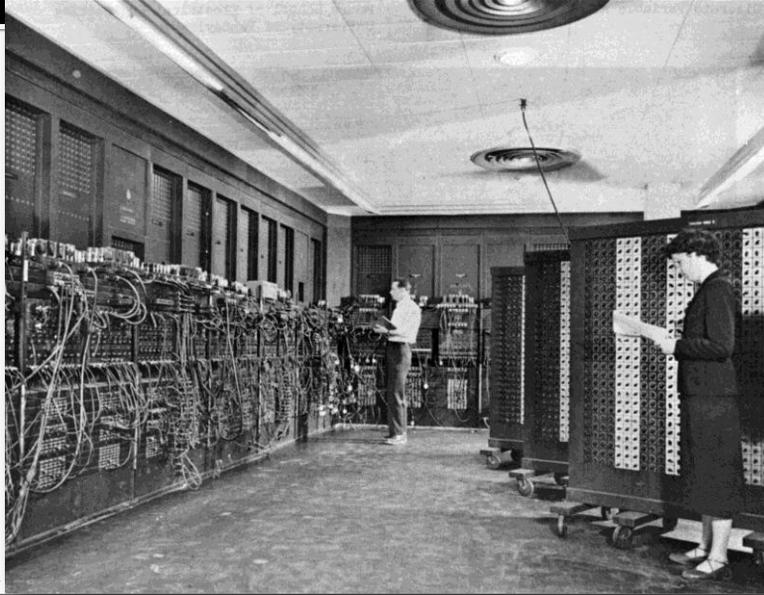
- Décadas de 30 e 40:
  - Os primeiros computadores possuíam funções específicas.
  - ENIGMA: Máquina eletromecânica projetado para gerar mensagens em código (Segunda Guerra Mundial – código quebrado por Alan Turing).
  - ENIAC - **E**lectronic **N**umerical **I**ntegrator **A**nd **C**omputer - **U**niversity of **P**ennsylvania's **M**oore **S**chool of **E**lectrical **E**ngineering – Cálculo de trajetórias de projéteis.

### Enigma



# ENIAC

17.468 válvulas – 7.200 diodos – 1.500 relés  
 70.000 resistores – 10.000 capacitores  
 Peso: 27 ton – Área: 62 m<sup>2</sup> – Potência: 150 kW

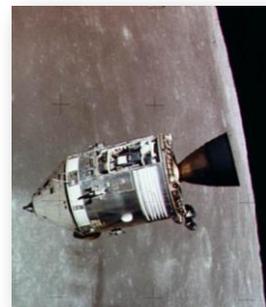


06/06/2011

11

## História dos sistemas eletrônicos embarcados

- Décadas de 60:
  - *Apollo Guidance Computer (AGC)* – Considerado o primeiro Sistema Embarcado Moderno
  - Projetado e construído pelo MIT Instrumentation Laboratory
  - Aprox. 4100 CIs fabricados pela Fairchild Semiconductors
  - Cada nave Apollo tinha 3 AGC:
    - Módulo de comando
    - Módulo lunar
    - *Abort Guidance System (AGS)* no Módulo Lunar

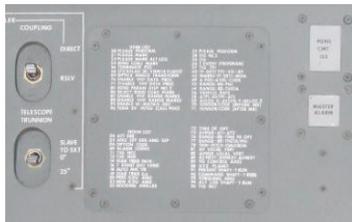


# História dos sistemas eletrônicos embarcados

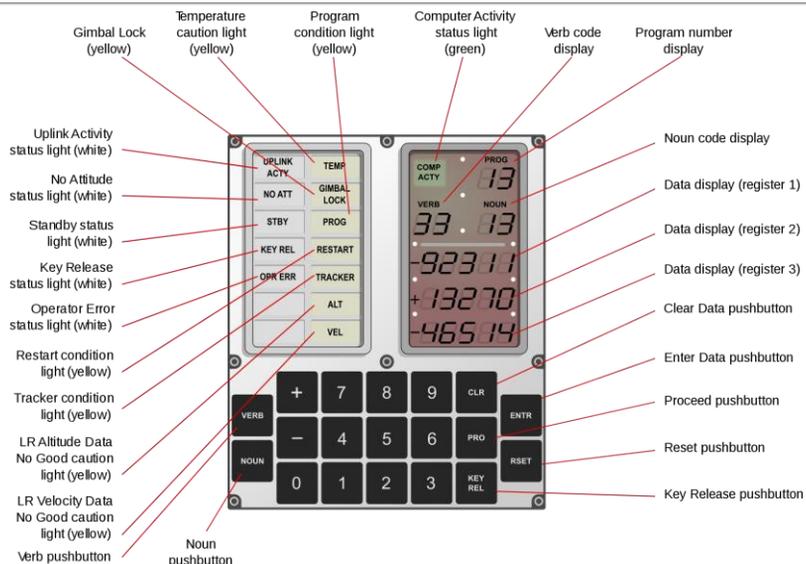
- AGC montado no painel de controle da Apollo.

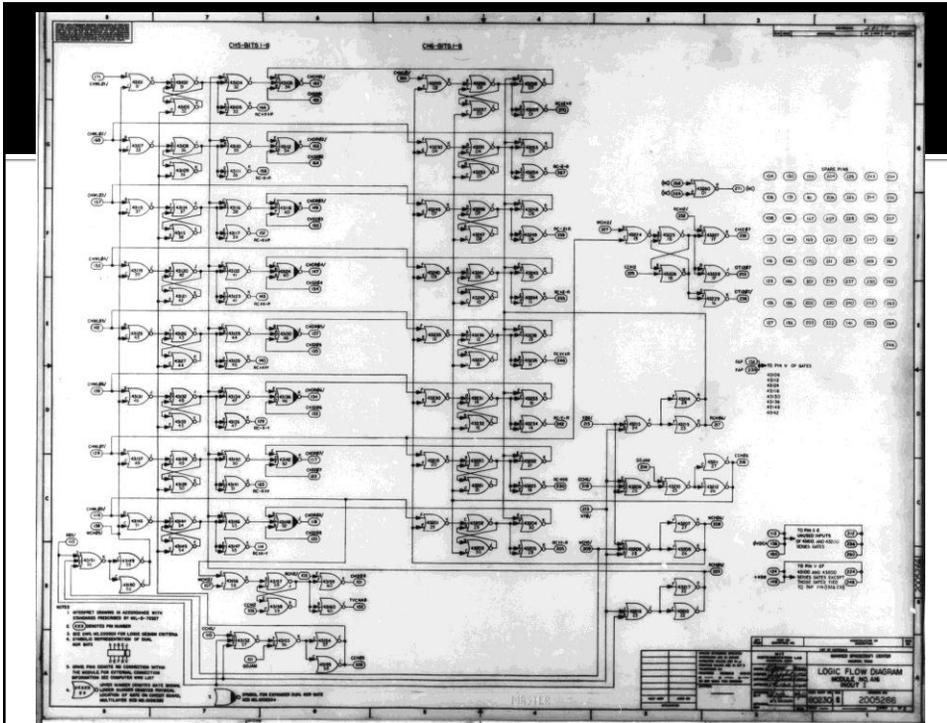


- Interface do AGC



## AGC





## História dos sistemas eletrônicos embarcados



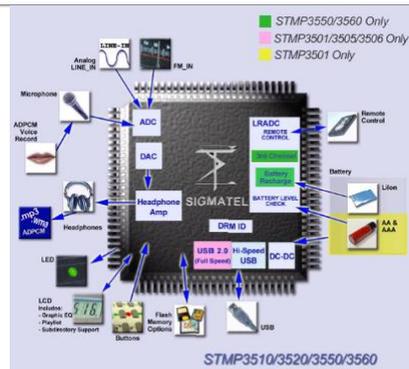
- Autonetics D-17 – Computador guia do míssil Minuteman - Primeiro Sistema Embarcado produzido em massa.
- Desenvolvimento da Indústria de CI's. Um CI NAND que custava US\$100 passou a custar US\$3.

## História dos sistemas eletrônicos embarcados

- Décadas de 70 e 80:
  - Surgimento e expansão dos primeiros Microprocessadores e microcontroladores.
- Décadas de 90:
  - Redução dos custos / aumento do poder de processamento e funcionalidade.
- 2000 até atualmente:
  - Expansão no uso de microcontroladores
  - Digitalização crescente: Foto / Vídeo / Som

## História dos sistemas eletrônicos embarcados

- Alguns processadores foram e ainda são amplamente utilizados, como o Z80 (8 bits), Motorola 68000 (16 bits) e os chips ARM (32 bits), em video-games, DVDs, Palms, injeção eletrônica, etc.



## Alguns exemplos de sistemas eletrônicos embarcados



19

## Alguns exemplos de sistemas eletrônicos embarcados



20

## Alguns exemplos de sistemas eletrônicos embarcados



21

## Alguns exemplos de sistemas eletrônicos embarcados



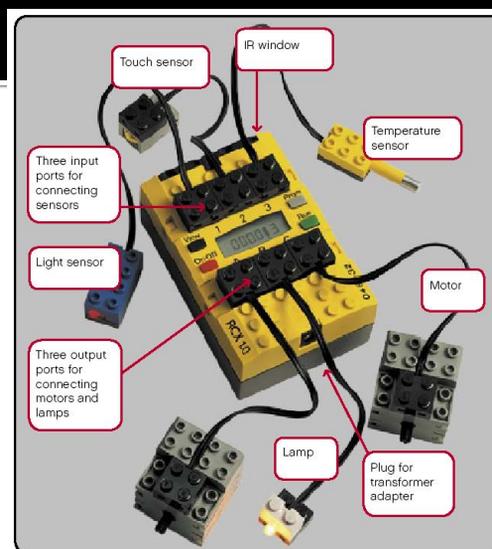
22

## Alguns exemplos de sistemas eletrônicos embarcados



06/06/2011

23



24



06/06/2011

25

## Características de sistemas embarcados

- Ao contrário de programas desenvolvidos para computadores de uso geral, o *software* de um sistema embarcado não pode ser usado em outro sistema embarcado sem que antes sejam feitas mudanças significativas.
- O *hardware* de um sistema eletrônico embarcado é projetado sob medida para uma determinada aplicação.
- O projeto do *hardware* e do *software* é feito em conjunto (*hardware & software* interdependentes).

26

## Características de sistemas embarcados

### Requisitos do projetista de sistemas eletrônicos embarcados:

- Programação clássica
- Noções de controle de processos
- Sistemas de tempo real
- Tecnologias de aquisição de dados (conversores analógico-digitais e sensores de um modo geral)
- Atuadores (conversores digital-analógicos, PWM, etc.)
- Eficiência (estruturação, tamanho e velocidade) do código produzido.

27

## Características de sistemas embarcados

Como o sistema embarcado pode estar sujeito às mais severas condições de temperatura e localização, o projeto deve permitir que sua inicialização seja feita por meio de diferentes meios físicos:

- Memória *flash* interna ao processador
- Cartão de memória CF, SD etc
- CD-ROM
- Disco rígido convencional
- Disco rígido sem partes móveis (*flash*)
- Rede TCP/IP

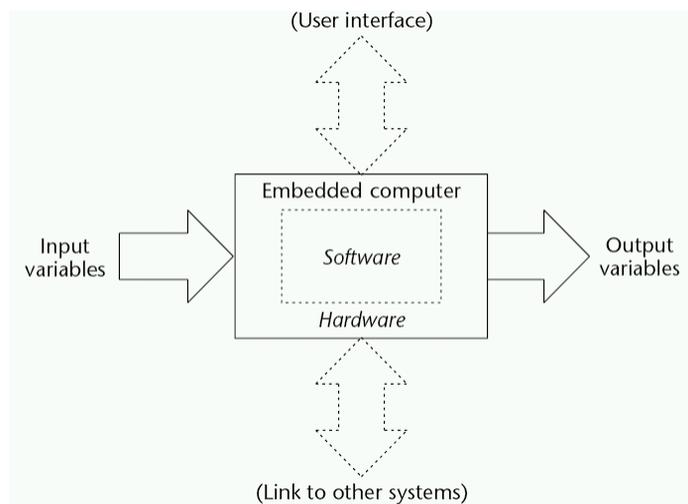
28

## Características de sistemas embarcados

- O sistema operacional para este tipo de dispositivo deve ainda ser bastante customizável, privilegiando atividades dedicadas ou exclusivas, envolvendo otimizações específicas no hardware e na camada de aplicação.

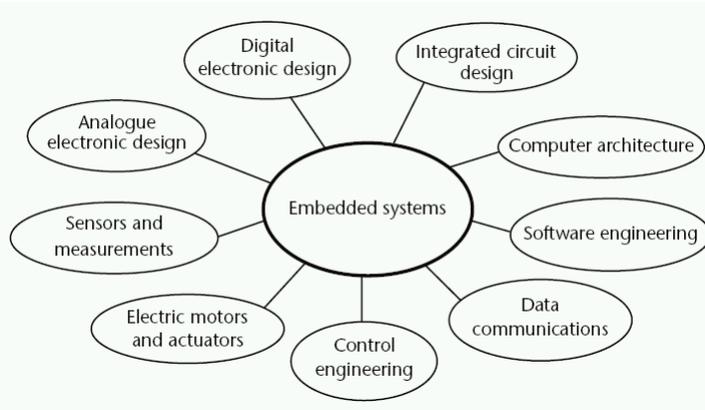
29

## A essência de sistemas embarcados



30

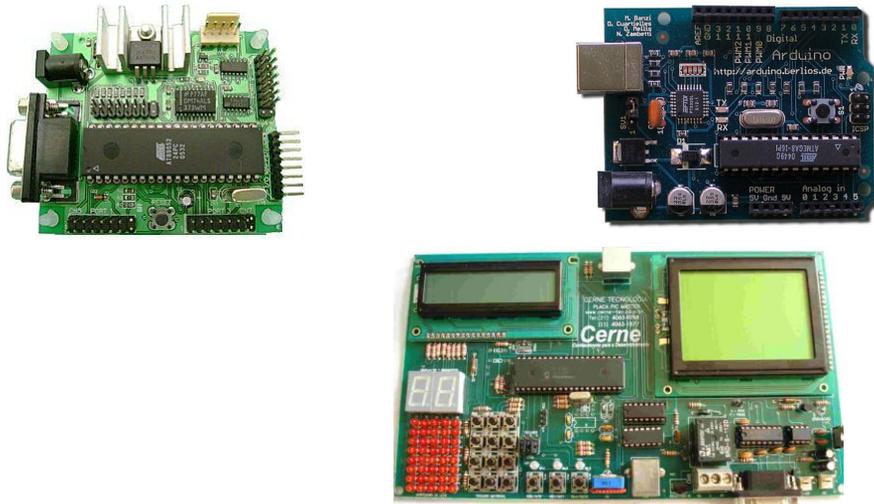
# Característica multidisciplinar



06/06/2011

31

# Kits de desenvolvimento



32

## Futuro dos sistemas eletrônicos embarcados

- Atualmente uma pessoa entra em contato diariamente com pelo menos 20 processadores
- Estimativas apontam que cada pessoa terá contato com 350 processadores por dia em 2020.

33

## Futuro dos sistemas eletrônicos embarcados

- Hoje, os sistemas eletrônicos embarcados marcam forte presença no nosso dia-a-dia.
- Muitas vezes eles estão “transparentes” e nós não os percebemos.
- Têm ganhado cada vez mais espaço em todas as áreas.
- Adquiriram uma importância indiscutível.

## Futuro dos sistemas eletrônicos embarcados

- Apesar da facilidade de desenvolvimento, os projetistas tem se preocupado com projetos de sistemas eletrônicos embarcados cada vez maiores.
- Ramo muito promissor para os novos profissionais, envolvendo conhecimentos desde da física de semicondutores até a engenharia de *software*.

## Futuro dos sistemas eletrônicos embarcados

- Tendência: adição de mais inteligência a processos e produtos → **Sistemas Eletrônicos Embarcados**.
- Tendência: maior conectividade, através de tecnologias de rede sem fio, por exemplo → **Sistemas Eletrônicos Embarcados**.
- O mercado de microprocessadores embarcados é **aproximadamente 100 vezes maior** que o de computadores (*desktops* e *notebooks*) e deve crescer exponencialmente na próxima década.