

Tópicos Avançados em Sistemas Computacionais

Projeto de Sistemas Computacionais

Prof. Ricardo Santos

ricr.santos@gmail.com

All computing systems on Earth are embedded systems...

- Sistemas embarcados estão em toda parte: carros, avioes, telefones, aparelhos de som, áudio e vídeo, eletrodomésticos em geral, celulares, ...
- Por exemplo, a BMW série 7 possui 63 processadores embarcados.
- O Pentium da Intel (e similares) domina o mercado de *desktops* pois esses computadores são utilizados em aplicações bem semelhantes.
- No caso dos computadores dedicados, um sistema de controle de injeção eletrônica, por exemplo, possui requisitos bastante diferentes de um *pager*.

Visão geral dos sistemas embutidos

- Sistemas computacionais embutidos
 - Sistemas computacionais embutidos dentro de dispositivos eletrônicos
 - Difícil de definir. Qualquer sistema computacional exceto um computador desktop
 - Bilhões de unidades produzidas anualmente, contra milhões de unidades de desktop
 - Talvez 50 por eletrodomésticos e por automóvel

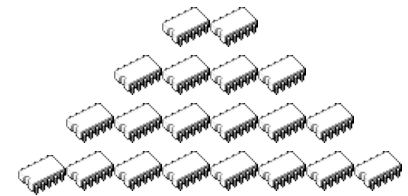
Computadores estão aqui...



e aqui...



e até aqui...

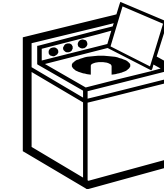
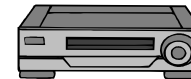
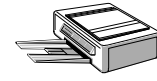


Lots more of these,
though they cost a lot
less each.

Exemplos de sistemas embutidos

Anti-lock brakes
 Auto-focus cameras
 Automatic teller machines
 Automatic toll systems
 Automatic transmission
 Avionic systems
 Battery chargers
 Camcorders
 Cell phones
 Cell-phone base stations
 Cordless phones
 Cruise control
 Curbside check-in systems
 Digital cameras
 Disk drives
 Electronic card readers
 Electronic instruments
 Electronic toys/games
 Factory control
 Fax machines
 Fingerprint identifiers
 Home security systems
 Life-support systems
 Medical testing systems

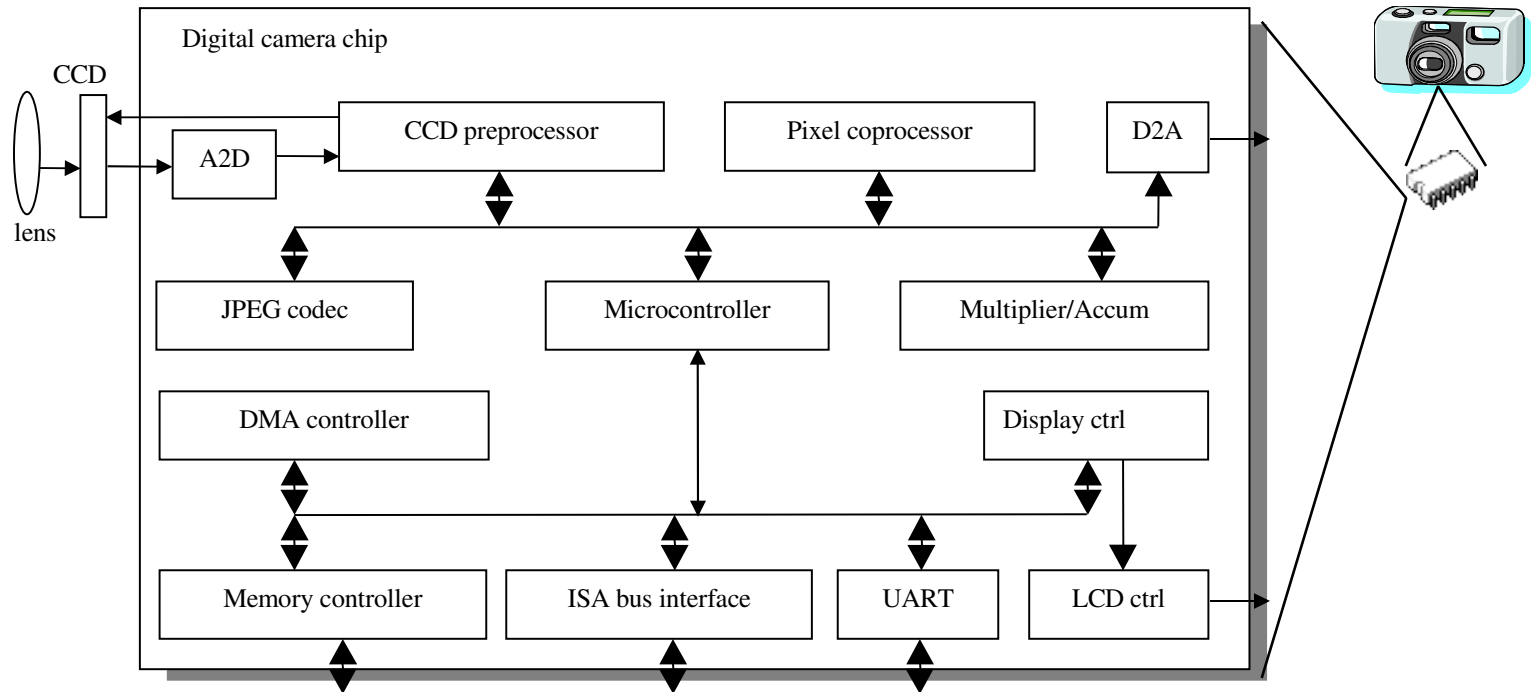
Modems
 MPEG decoders
 Network cards
 Network switches/routers
 On-board navigation
 Pagers
 Photocopiers
 Point-of-sale systems
 Portable video games
 Printers
 Satellite phones
 Scanners
 Smart ovens/dishwashers
 Speech recognizers
 Stereo systems
 Teleconferencing systems
 Televisions
 Temperature controllers
 Theft tracking systems
 TV set-top boxes
 VCR's, DVD players
 Video game consoles
 Video phones
 Washers and dryers



Algumas características comuns de sistemas embutidos

- Funcionalidade única
 - Executa um programa único, continuamente
- Restrições de projeto
 - Baixo custo, baixo consumo, pequeno, rápido, etc.
- Reagem em tempo-real
 - Reagem a mudanças no ambiente onde se encontra o sistema
 - Precisam computar certos resultados em tempo-real sem atrasos (delay)

Um exemplo de sistema embutido – uma câmera digital



- Funcionalidade única – sempre uma câmera digital
- Restrições de projeto – Baixo custo, baixo consumo, pequeno, rápido
- Reagir em tempo-real -- only to a small extent

Desafio de projeto – Métricas de projeto

- Objetivo simples do projeto:
 - Construção e implementação com funcionalidade desejada
- Desafio de projeto:
 - Otimizar simultaneamente diversas métricas de projeto
- Métricas de projeto
 - Característica mensurável de implementação

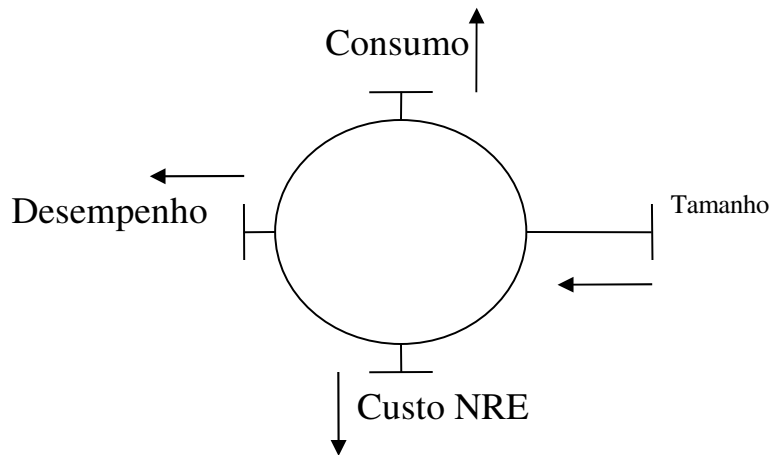
Desafio de projeto – Métricas de projeto

- Métricas comuns
 - Custo por unidade: custo monetário para produzir cada cópia do sistema, excluindo o custo NRE
 - Custo NRE (Non-Recurring Engineering cost): Custo por unidade para desenvolvimento do sistema
 - Tamanho: espaço físico requerido pelo sistema
 - Desempenho: tempo de execução ou rendimento do sistema
 - Consumo: quantidade de energia consumida pelo sistema
 - Flexibilidade: habilidade de mudança da funcionalidade do sistema sem acrescentar custos de NRE

Desafio de projeto – otimizando medidas de projeto

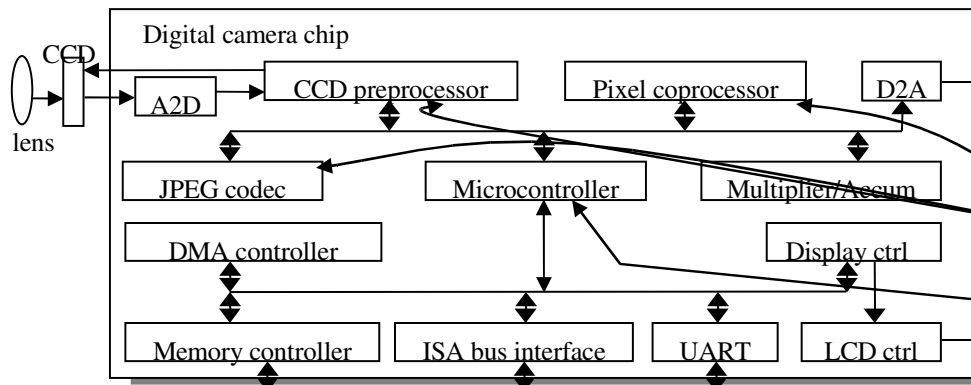
- Métricas comuns (continuação)
 - Tempo para prototipagem: tempo necessário para construção de uma versão do sistema
 - Tempo para colocação do produto no mercado: tempo necessário para desenvolver um sistema do ponto que foi lançado e vendido aos consumidores
 - Sustentabilidade (manutenção): habilidade de se poder modificar o sistema após seu lançamento
 - Exatidão, Segurança, outros

Competição das medidas de projeto -- melhorar uma pode piorar outras



- Experiência em projetos de hardware e software é necessária para satisfazer objetivos de projeto

- Não somente em hardware ou em software, como é comum
- O projetista deve conhecer várias tecnologias para fazer a melhor escolha para uma dada aplicação e conhecer as limitações

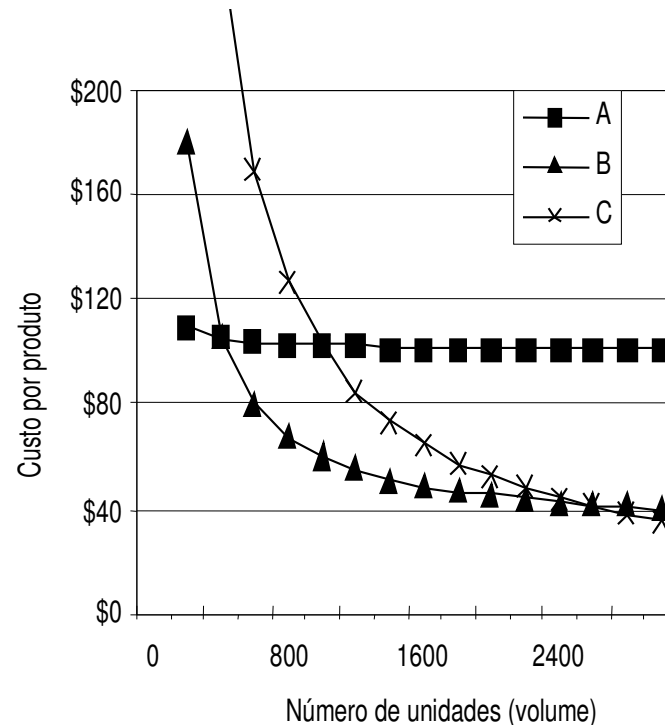
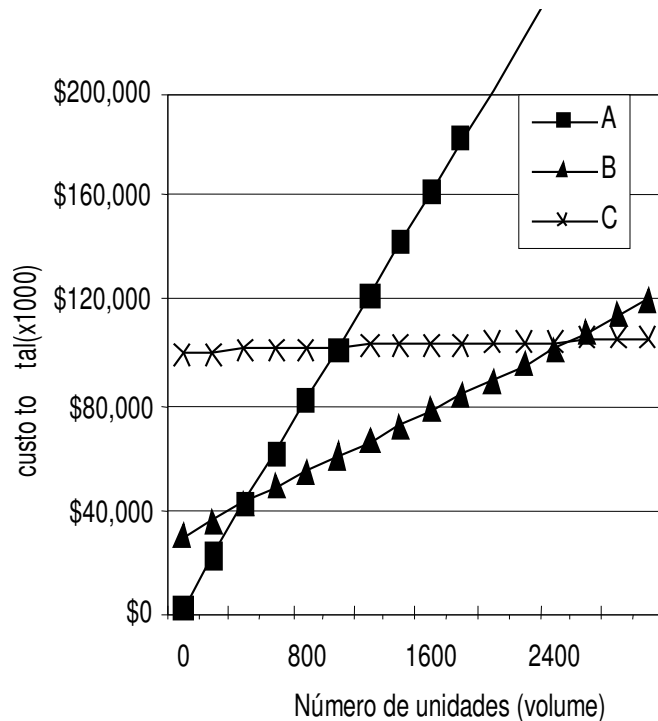


Hardware

Software

Medidas de custo único e NRE

- Comparando custos devido a tecnologia – melhor depende do volume de produção
 - Tecnologia A: NRE=\$2,000, custo unitário=\$100
 - Tecnologia B: NRE=\$30,000, custo unitário=\$30
 - Tecnologia C: NRE=\$100,000, custo unitário=\$2



O desempenho das métricas de projeto

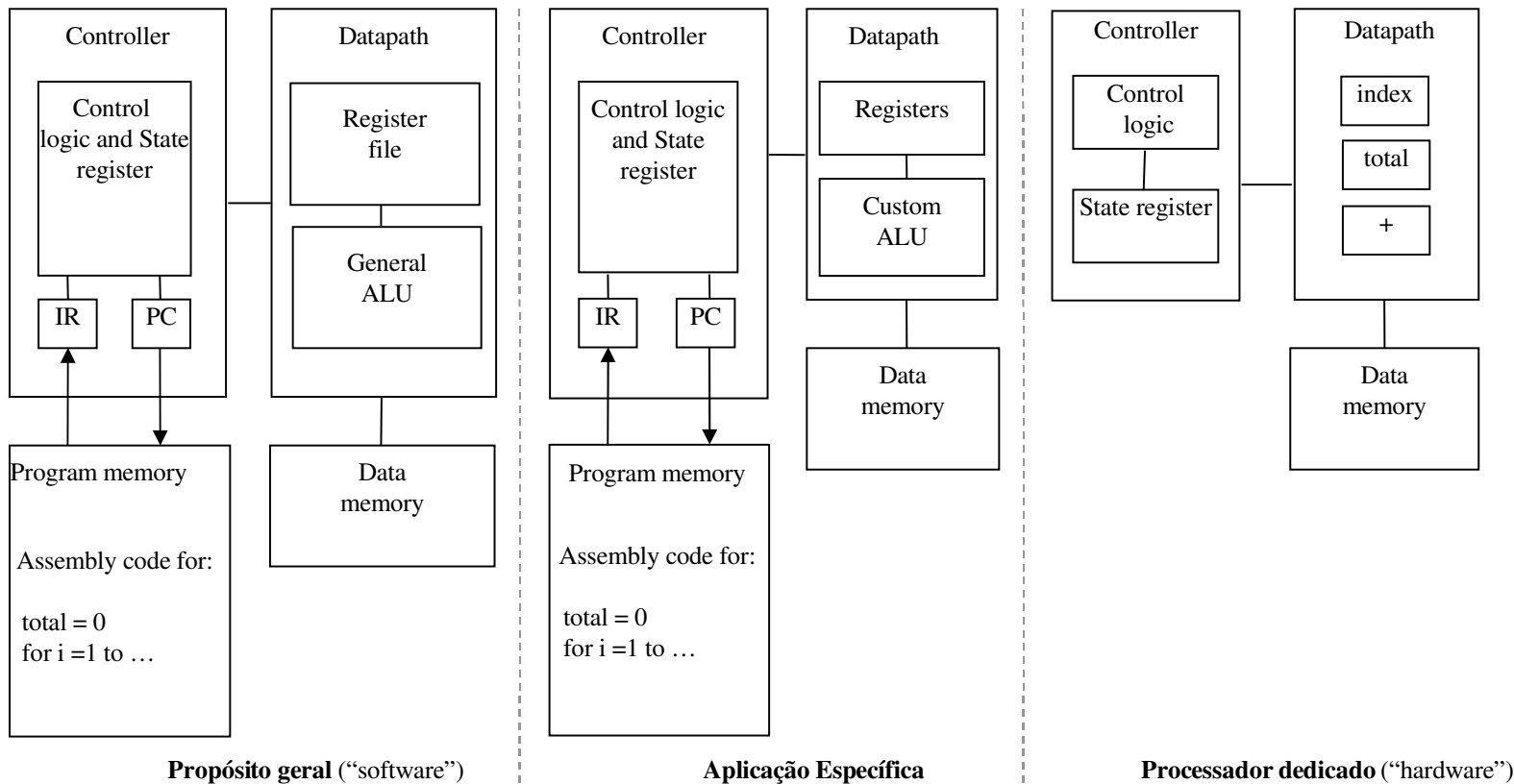
- Medidas de sistemas largamente utilizadas
 - Freqüência de relógio, instruções por segundo – medidas ruins
 - Exemplo da câmera digital – o usuário se preocupa com a velocidade de processamento da imagem, e não com a freqüência de relógio ou instruções por segundo realizadas
- Latência (tempo de resposta)
 - Tempo entre o início e término da tarefa
 - ex., Câmera A e B processam imagens em 0.25 segundos
- Produtividade
 - Tarefas por segundo, ex., Câmera A processa 4 imagens por segundo
 - Produtividade pode ser incrementada pela concorrência, ex., Câmera B pode processar 8 imagens por segundo (capturar uma nova imagem enquanto a anterior está sendo armazenada).
- Aceleração = desempenho de B / desempenho de A
 - Aceleração = $8/4 = 2$

Três principais tecnologias de sistemas embutidos

- Tecnologia
 - Forma de implementação uma tarefa, especialmente utilizando técnicas de processamento, métodos, ou conhecimentos técnicos
- Três principais tecnologias de sistemas embutidos
 - Tecnologia de processadores
 - Tecnologia de circuitos integrados
 - Tecnologia de projeto

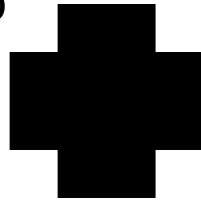
Tecnologia processadores

- Processador não precisa necessariamente ser programável
 - “Processador” *diferente* de processadores de propósito geral



Tecnologia processadores

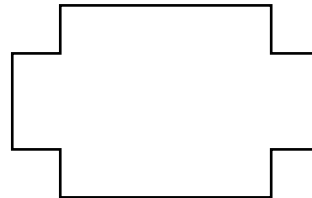
- Processadores variam em suas customizações de acordo com o problema em questão



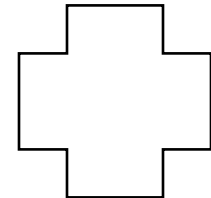
Funcionalidade
desejada



Processador
propósito-geral



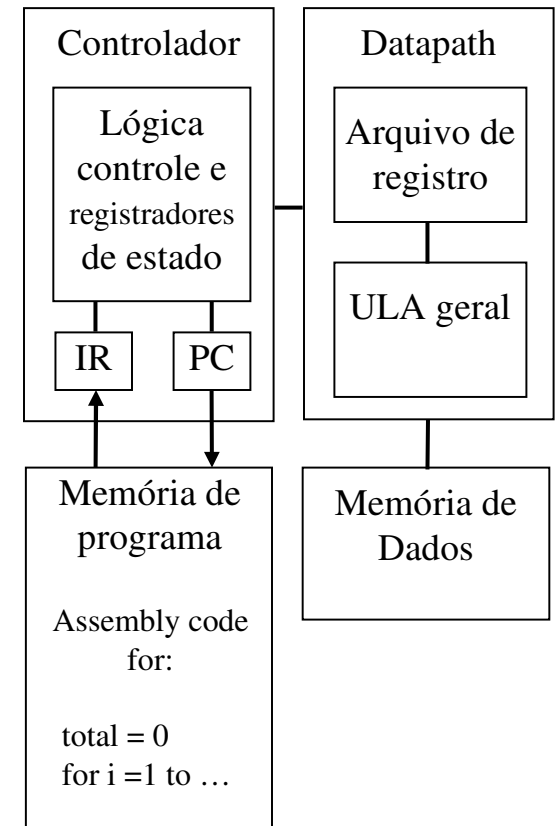
Processador
aplicação-específica



Processador
dedicado

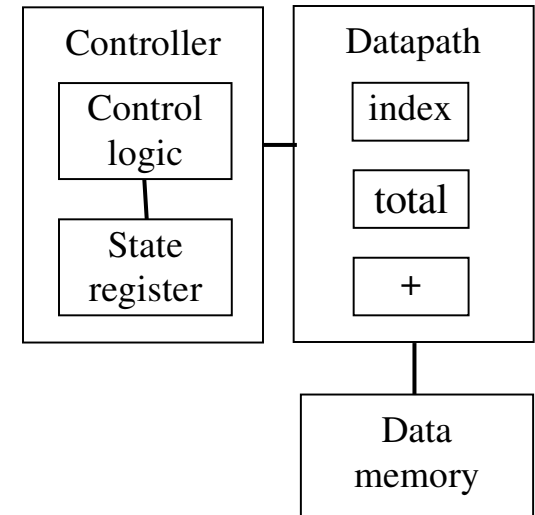
Processadores de propósito geral

- Dispositivos programáveis utilizam uma variedade de aplicações
 - Também conhecidos como “microprocessadores”
- Características
 - Memória de programa
 - *Datapath* (barramento de dados) comum com arquivo de registros extensos e ULA geral
- Benefícios usuário
 - Baixo custo para colocação no mercado e custos NRE
 - Grande flexibilidade
- “Pentium” o mais conhecido, mas há outros milhares



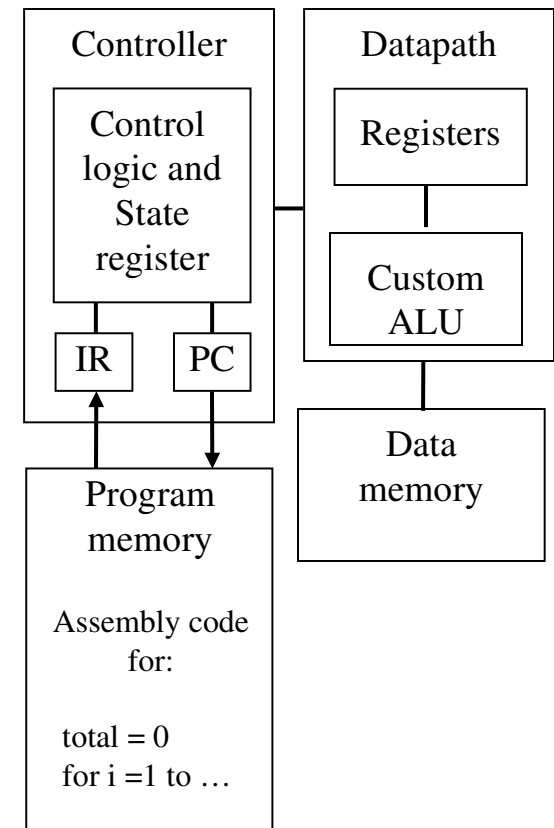
Processadores dedicados

- Circuito digital projetado para executar exatamente um programa
 - coprocessadores, aceleradores ou periféricos
- Características
 - Contém somente componentes necessários para execução de um único programa
 - Não possui memória de programa
- Benefícios
 - Rápido, alto desempenho
 - Baixo Consumo
 - Tamanho reduzido



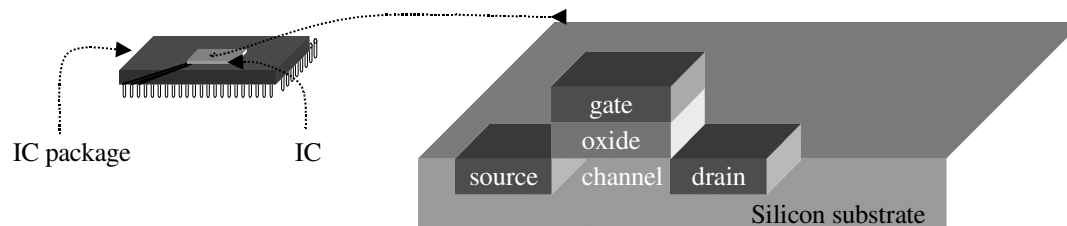
Processadores de aplicação específica

- Processador programável otimizado para uma classe de aplicações particular tendo em comum algumas características
 - Compromisso entre processadores de propósito geral e dedicado
- Características
 - Memória de programa
 - *Datapath* otimizado
 - Unidades com funções especiais
- Benefícios
 - Flexibilidade, bom desempenho, tamanho e consumo



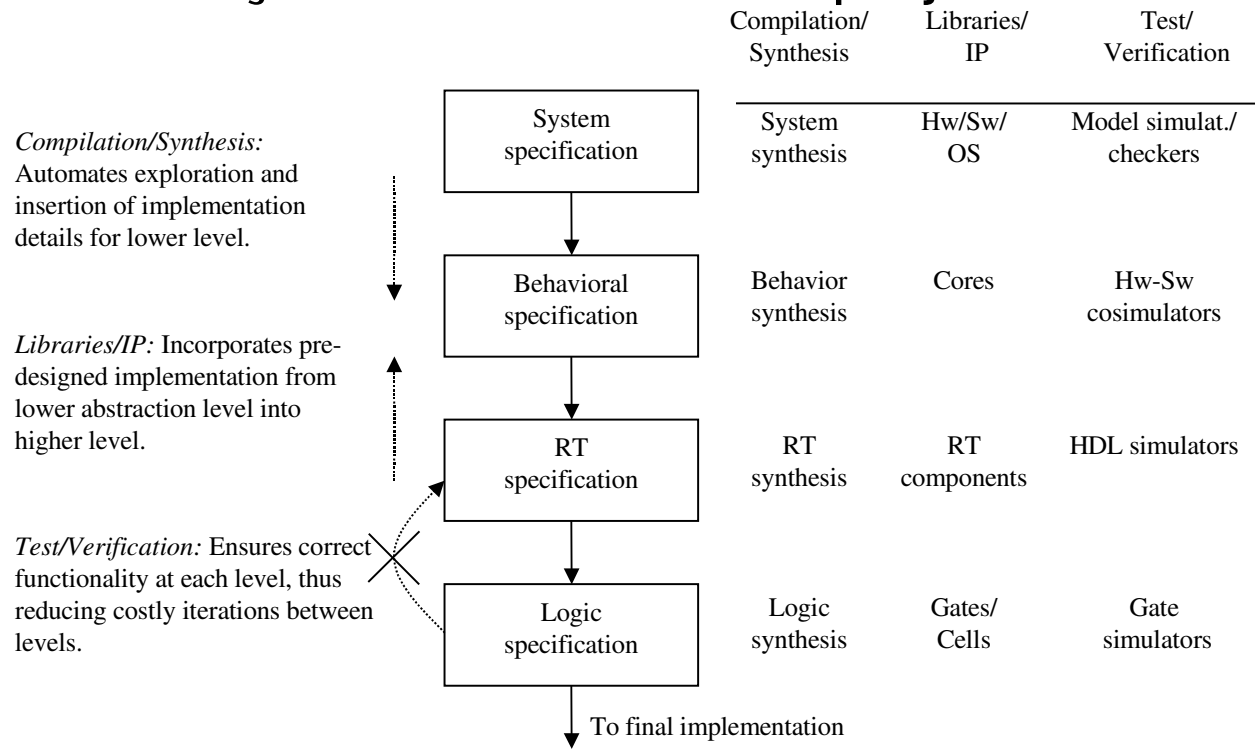
Tecnologia IC

- A maneira pela qual uma implementação digital é mapeada num IC
 - IC: Circuito integrado, ou “chip”
 - Tecnologias de IC diferem em seu nível de customização de acordo com o projeto em questão
 - Os IC consistem de numerosas camadas (talvez 10 ou mais)
 - As tecnologias IC diferem com respeito a construção de cada camada



Tecnologia de projeto

- Metodologia com a qual nós convertemos nosso conceito de uma desejada funcionalidade para uma implementação – ferramenta de projeto



Em resumo:

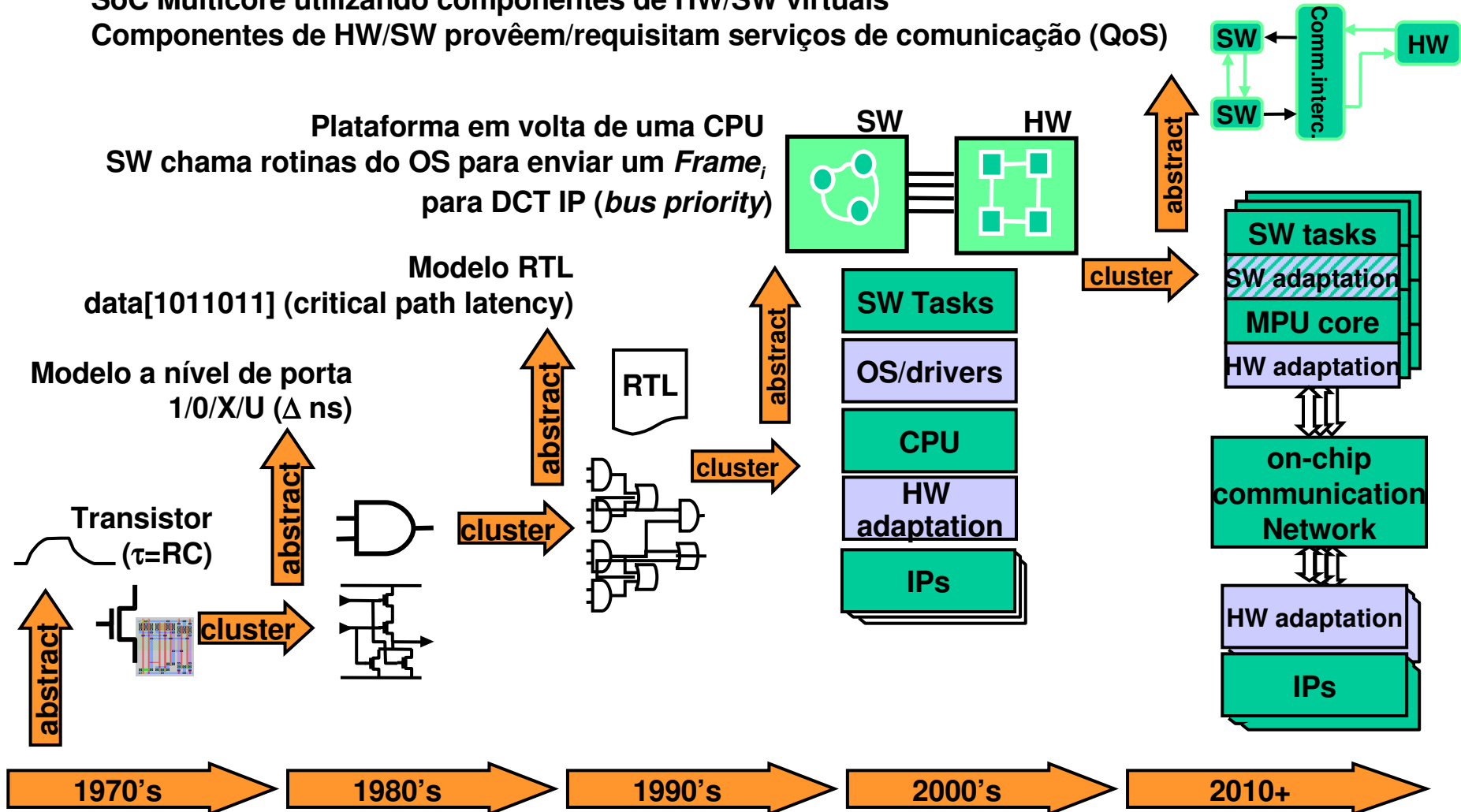
- **Existe muito mais demanda e inovação na área de sistemas embarcados do que na área de computadores pessoais.**
- **Com o aumento da complexidade das aplicações, aumenta também a complexidade dos projetos de sistemas embarcados -> *Novas metodologias de projeto.***

SoC é um sistema Multicore

O próximo nível de abstração no espaço arquitetura/comunicação

SoC Multicore utilizando componentes de HW/SW virtuais

Componentes de HW/SW provêm/requisitam serviços de comunicação (QoS)



Adaptado de F. Schirmeister (Cadence Design Systems Inc.)

Projeto de sistemas computacionais

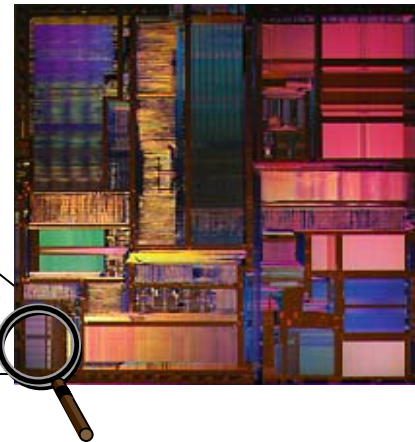
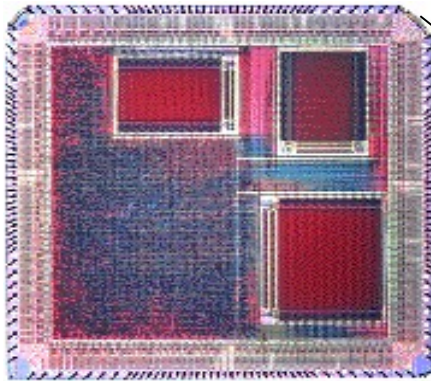
ASIC

Application Specific Integrated Circuit



SoC

System on a Chip



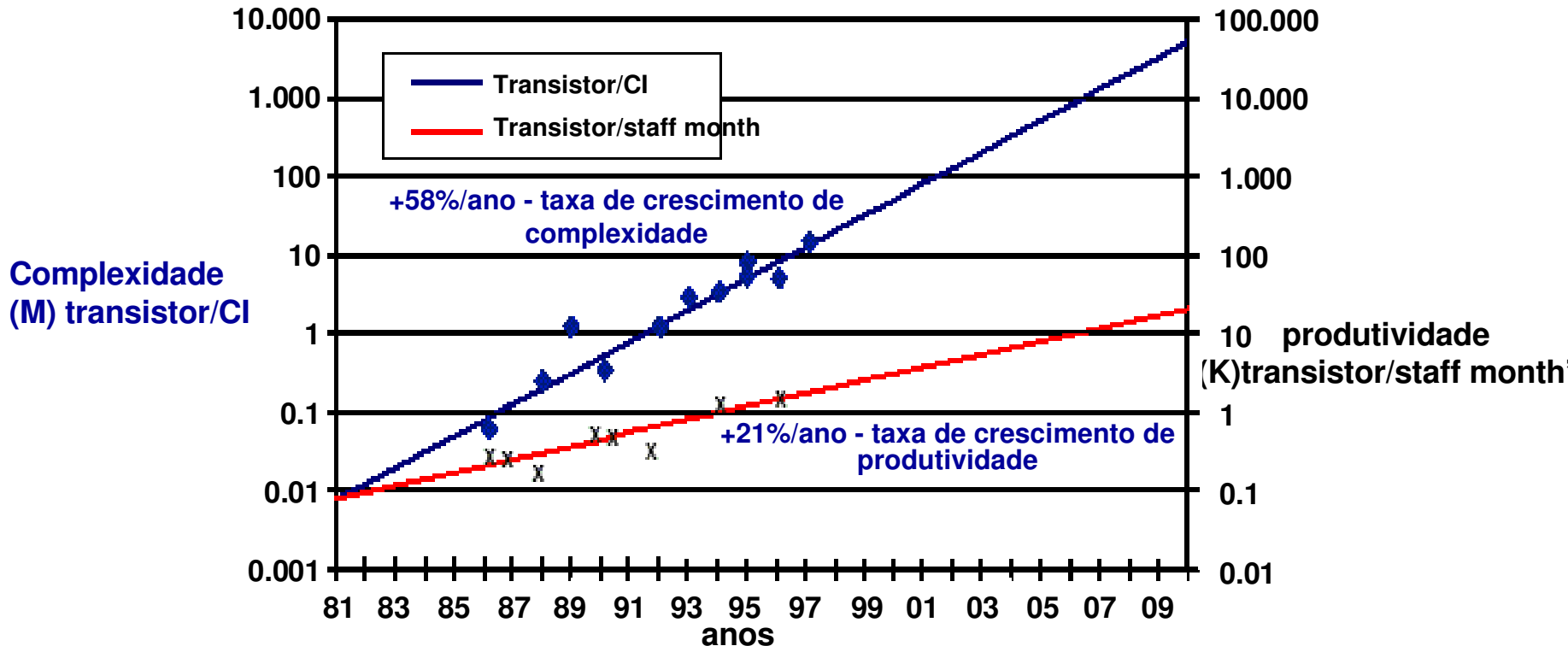
Ontem:

- Projeto de blocos de média complexidade
- Basicamente organização e arquitetura de computadores

Hoje:

- Projetos de alta complexidade
- Reuso de propriedade intelectual
- Inclusão de multi-processamento, redes de comunicação, sistemas operacionais embarcados

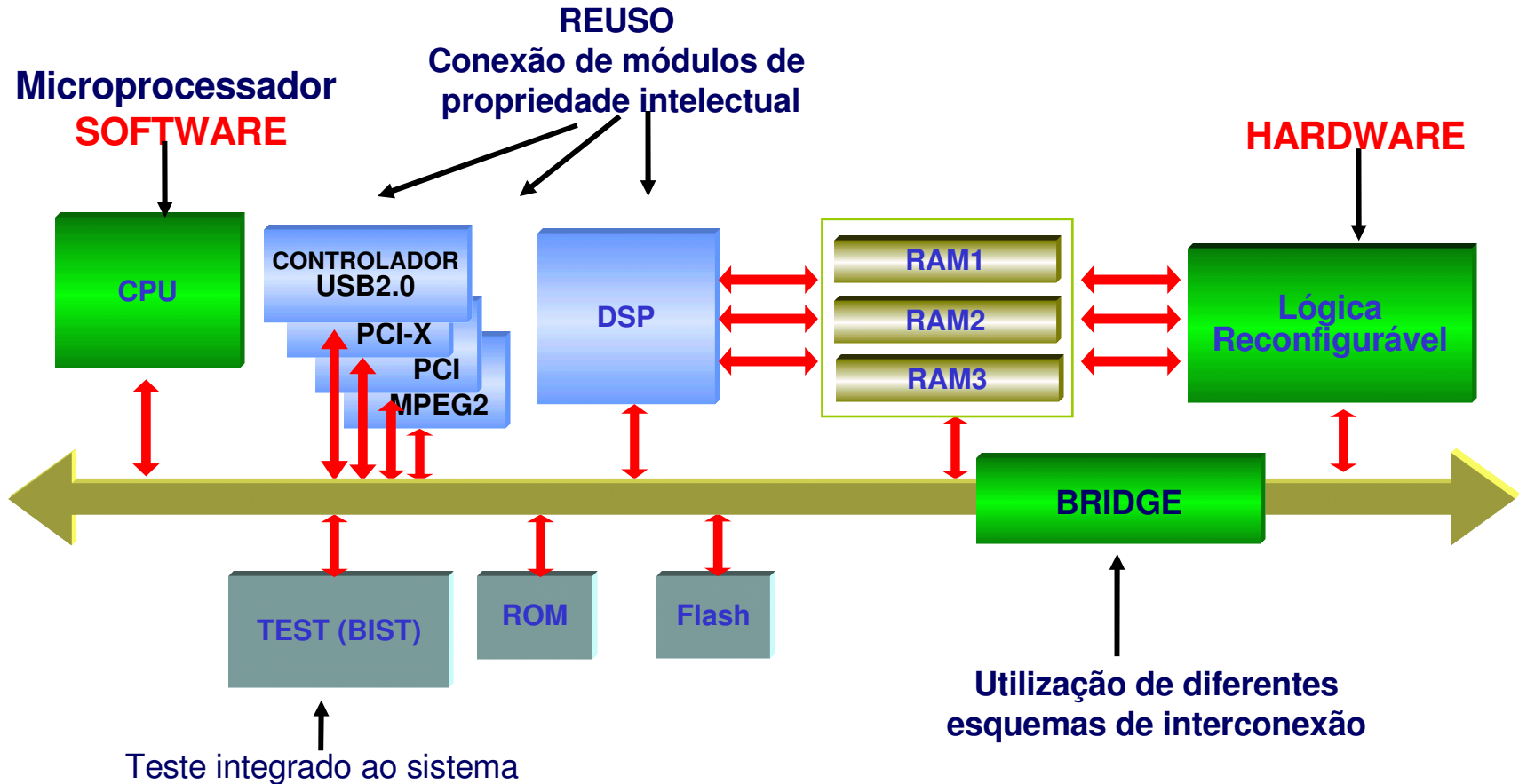
Tecnologia e Produtividade



Gap de produtividade:

- Capacidade de projeto é inferior à quantidade de recursos disponibilizados pela tecnologia

Plataformas de Desenvolvimento



- Desenvolvimento conjunto de software (C/C++) e hardware (VHDL)

Exemplo de plataformas de desenvolvimento

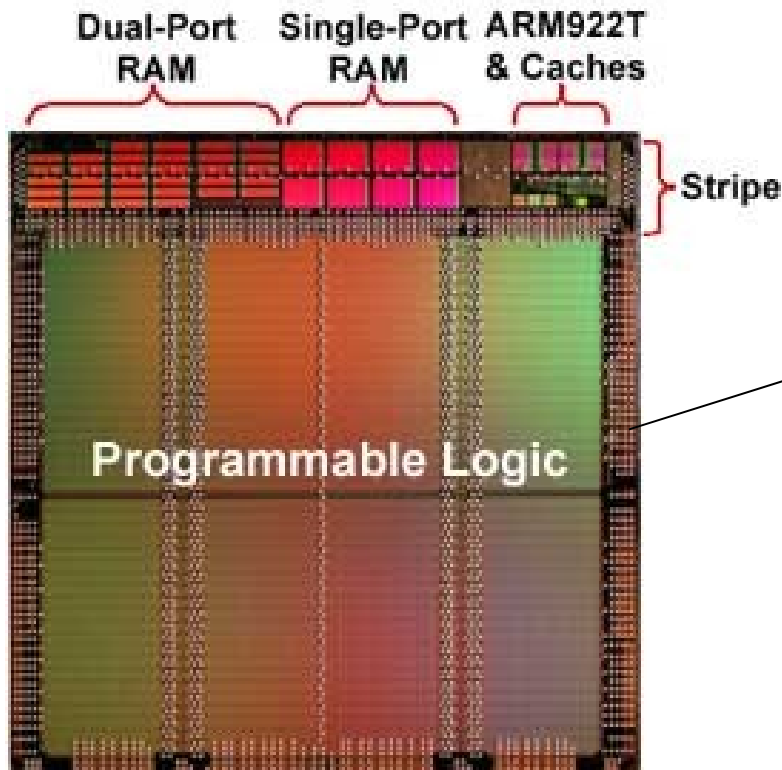
- **Altera Excalibur**

- ambiente de desenvolvimento contendo processador, lógica programável, memória embarcada
 - processador firm core: NIOS
 - processador hard core: ARM
 - barramento de comunicação: AVALON / AMBA
- disponibilidade de compra de núcleos
- CAD para desenvolvimento de sw/hw disponível

- **Xilinx Empower**

- semelhante ao ambiente Altera
 - processado firm core: MICROBLAZE
 - processador hard core: POWERPC
 - barramento de comunicação: CORECONNECT (IBM)

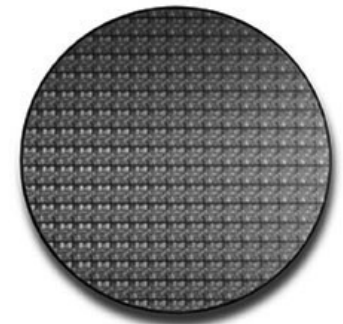
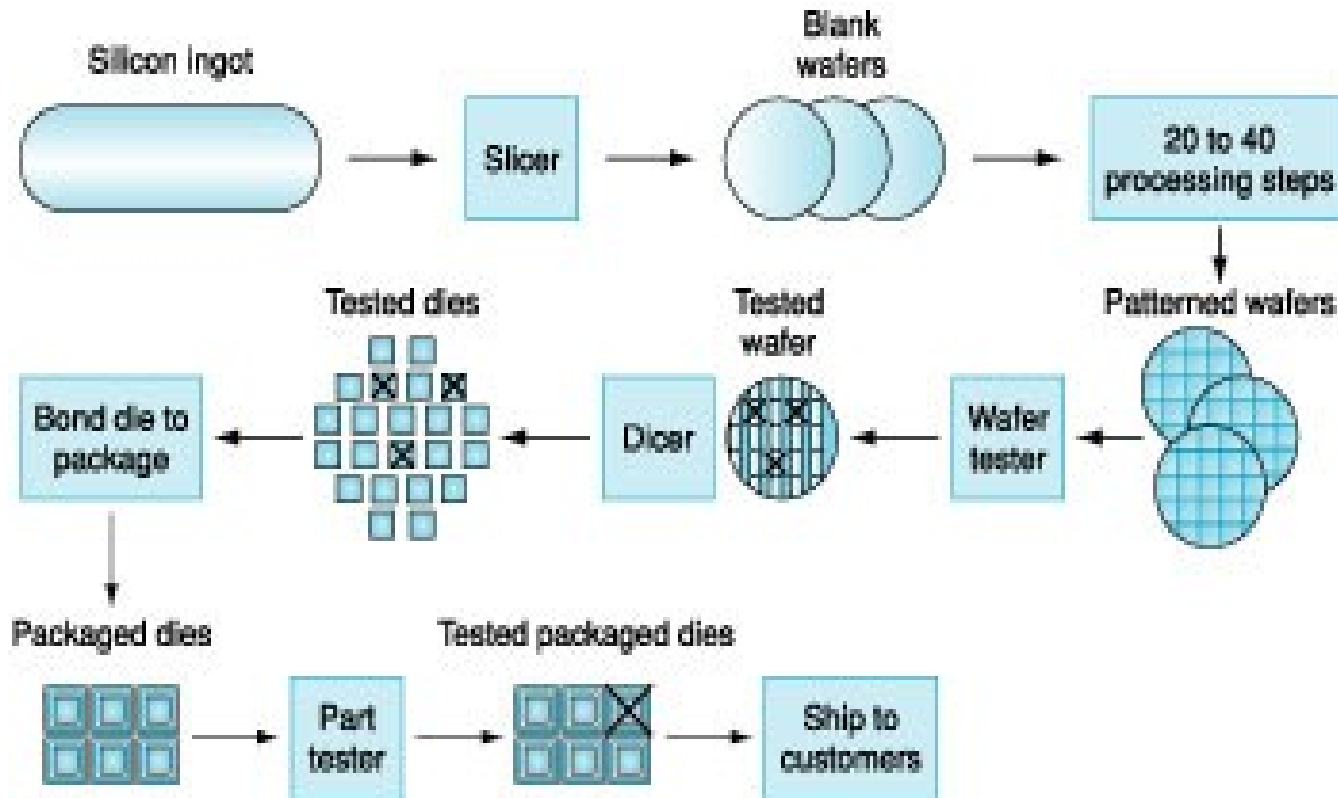
Altera



Dispositivo EPXA10

- Processador ARM 922T RISC 32 bits 200MHz
- 256Kbytes de RAM - porta simples
- 128Kbytes de RAM - dupla porta
- 1M de portas lógicas - para implementar Hw
- 1000+ pinos de E/S

Processo de fabricação de um chip



Processo de fabricação de um chip

- 1) Lingotes (tarugo) de silício com 20-30cm de diâmetro e 30-60 cm de comprimento
- 2) Um fatiador “fatia” o tarugo em wafers de ~0,25cm de espessura
- 3) Vários passos de processamento: cozimento, deposição de íons, gravação da máscara, etc.
- 4) Testador de wafer: verifica defeitos no processo de gravação
- 5) Cortador de dies: separa os componentes do wafer em dies “bons”
 - Aproveitamento (yield) =good dies/amount of dies
- 6) Dies são encapsulados (soldagem) -> chips
- 7) chips são testados
- 8) disponível para venda

O que há dentro do chip?

- O processador e seus diversos componentes formam o conteúdo do chip

