

Met odologia de HW/ SW Co-design

Edna Barros (ensb@cin.ufpe.br)



Cent ro de I nf or mática – UFPE

Tópicos

- Component es de um sist ema embar cado
- Desaf ios de Proj et o:
 - Ot imização das métr icas
 - Cust o
 - Time-t o-market
- Tecnologias Essenciais
 - Pr ocessador es
 - I C
 - Proj et o



Ambientes de Projeto de Sistemas Embarcados 2

Tópicos

- Técnicas de Projeto
 - Necessidade
 - Gap de Produtividade
 - Evolução
 - Técnicas de hardware e de software
 - Técnicas atuais de Projeto de Hardware

Sistemas Embarcados – Visão Geral

- Sistemas computacionais estão em quase todos os equipamentos
- Geralmente pensamos em computadores pessoais (“desktop”) ...
 - PC's 
 - Laptops 
 - Mainframes
 - Servidores
- Mas existem outros tipos de sistemas computacionais...
 - Bem mais comum...

Sistemas Embarcados – Visão Geral

- Sistemas Computacionais Embarcados
 - Sistemas computacionais dentro de equipamentos eletrônicos
 - Difícil definição: semelhança com computadores pessoais
 - Milhões de unidades produzidas anualmente
 - Estimativa: 50 unidades por residência e por automóvel

Computadores estão aqui..
E aqui...

E mesmo aqui...

Tais processadores possuem alto volume de produção e baixo custo.





Ambientes de Projeto de Sistemas Embarcados 5

Uma pequena lista de Sistemas Embarcados

Freios ABS	Modems			
Cameras auto-foco	Decodificadores MPEG			
Lavadoras automáticas	Cartões de rede			
Briquetes	Roteadores			
Sistemas de Transmissão	Pagers			
Eletrônica de avião	Copiadoras			
Carregadores de bateria	Pontos de venda			
Filmadoras	Video games			
Telefones celulares	Impressoras			
Telefones sem fio	Telefones via satélite			
Sistema de navegação	Scanners			
Cameras digitais	Forno de micro-ondas			
Disk drives	Reconhecedores de voz			
Leitoras de cartão	Sistemas de som			
Instrumentos eletrônicos	Sistemas de teleconferencia			
Controle de Fábricas	Televisores			
Máquinas de Fax	Controladores de temperatura			
Identificadores de digitais	TV set-top boxes			
Sistemas de segurança	Vídeo cassete e DVD's			
Instrumentos medicos	Lavadoras e secadoras			

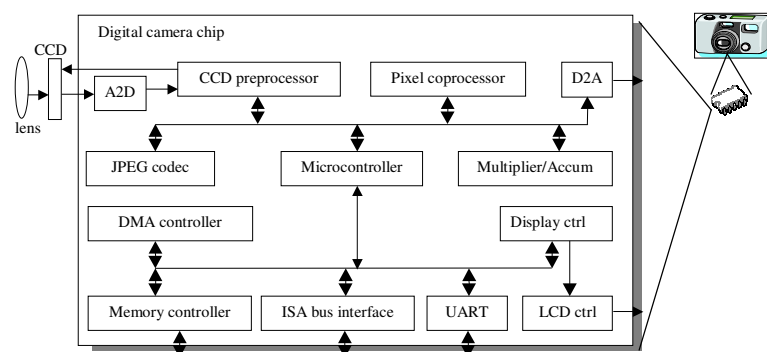


Ambientes de Projeto de Sistemas Embarcados 6

Algumas características dos Sistemas Embarcados

- Funcionalidade definida
 - Executa um único programa repetitivamente
- Restrições mais rígidas
 - Baixo custo, baixo consumo de potência, pequenos, rápidos, etc.
- Reativos e de tempo real...
 - Atua continuamente com o ambiente e reage a suas mudanças
 - Deve computar alguns resultados em tempo real (sem atrasos)

Exemplo de um Sistema Embarcado



- Funcionalidade única
- Restrições de projeto críticas
- Reativa e de tempo real

Desafios de Projeto

- Objetivo principal:
 - Desenvolver uma implementação com a desejada funcionalidade
- Desafios de projeto:
 - Otimização “simultânea” das diferentes métricas de projeto
- Métrica de Projeto:
 - Uma característica mensurável de uma implementação

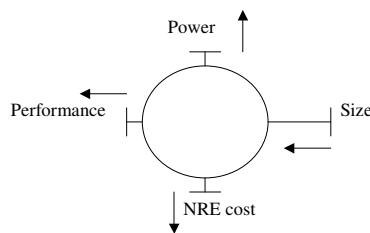
Desafios de Projeto: Otimização das Métricas de Projeto

- Métricas mais usadas:
 - Custo unitário: custo para produzir cada unidade do sistema (excluindo os custos de projeto – não recorrentes)
 - Custo NRE (Non-Recurring Engineering cost): custo de projeto do sistema
 - Tamanho
 - Desempenho: tempo de execução ou taxa de processamento do sistema
 - Potência
 - Flexibilidade: a habilidade de mudar a funcionalidade sem grande aumento do custo NRE

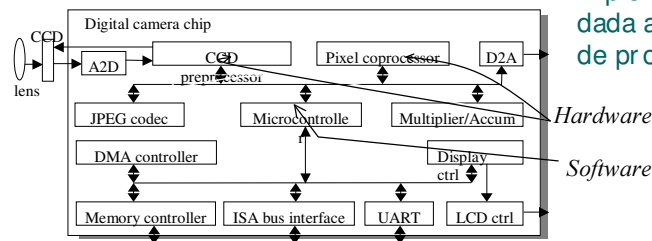
Desafios de Projeto: Otimização das Métricas de Projeto

- Métricas mais usadas:
 - Tempo de prototipação
 - Time-to-market
 - Mant enabilidade: a habilidade de modif icar o sist ema após início da produção
 - Cor r etude, segur ança, et c...

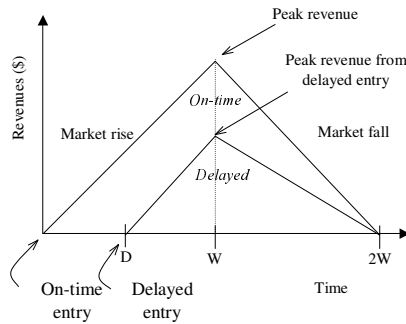
Otimização das Métricas de Projeto: Conflito



- Conheciment o de **software and hardware** é necessár io para a ot imização das métr icas
 - O projet ist a deve conhecer as vár ias tecnol ogias para a escolher a melhor implement ação para uma dada aplicação e restri ções de projet o.



Time-to-market: uma métrica crítica



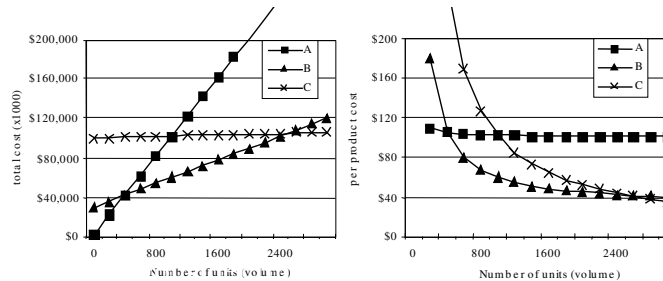
- $Area = 1/2 * base * height$
 - Sem atraso = $1/2 * 2W * W$
 - Com atraso = $1/2 * (W - D + W) * (W - D)$
- Percentual de perda nos lucros = $(D(3W - D) / 2W^2) * 100\%$
- Alguns exemplos:
 - Lifetime $2W = 52$ wks, delay $D = 4$ wks
 $(4 * (3 * 26 - 4) / 2 * 26^2) = 22\%$
 - Lifetime $2W = 52$ wks, delay $D = 10$ wks
 $(10 * (3 * 26 - 10) / 2 * 26^2) = 50\%$

Custo Unitário de NRE

- Custos:
 - $Custo\ total = custo\ NRE + custo\ unit. * \#\ de\ unids.$
 - $Custo\ por\ prod. = custo\ total / \#\ de\ unids.$
 $= (custo\ NRE / \#\ de\ unids) + custo\ unit.$
- Exemplo
 - NRE = \$2000, unit. = \$100
 - Para 10 unidades
 - Custo total = $\$2000 + 10 * \$100 = \$3000$
 - Custo por produto = $\$2000 / 10 + \$100 = \$300$

Custo Unitário de NRE

- Comparando diferentes tecnologias
 - Tecnologia A: NRE=\$2,000, unit=\$100
 - Tecnologia B: NRE=\$30,000, unit=\$30
 - Tecnologia C: NRE=\$100,000, unit=\$2

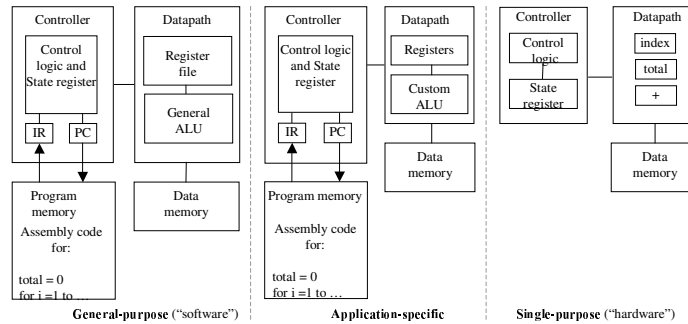


Tecnologias Essenciais para Sistemas Embarcados

- Tecnologia
 - A maneira de realizar uma tarefa, especialmente usando processos, métodos ou conhecimento
- Tecnologias essenciais para a sistemas embarcados
 - Tecnologia dos Processadores
 - Tecnologia para a I C
 - Tecnologia de Projeto

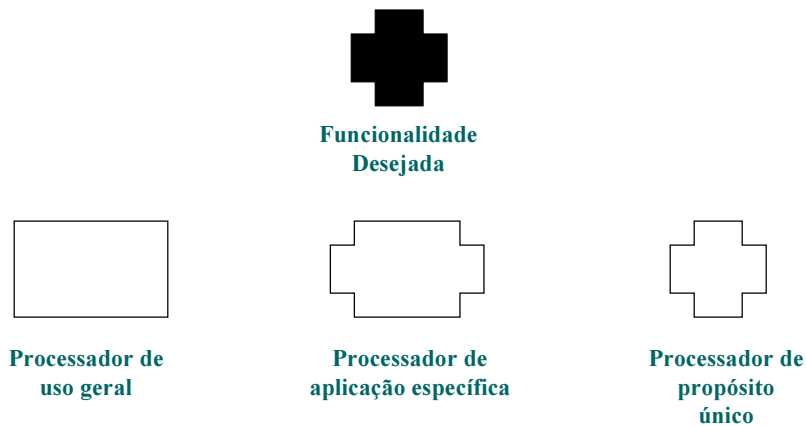
Tecnologia dos Processadores

- Arquitetura do componente de computação que implementa a funcionalidade desejada
- Não precisam ser programáveis



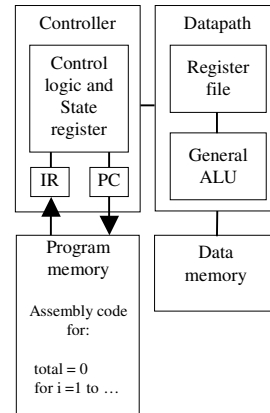
Tecnologia de Processadores

- Processadores podem variar na adequação ao problema



Processadores de uso geral

- Programados via software
- Memória para dados e programa
- Vantagens
 - Pequenos *time-to-market* e custo não recorrente
 - Alta flexibilidade
- Desvantagens
 - Necessidade de adicionar dispositivos
 - Alto consumo
 - Baixo desempenho
- Ex: Power PC, Pentium, Z80



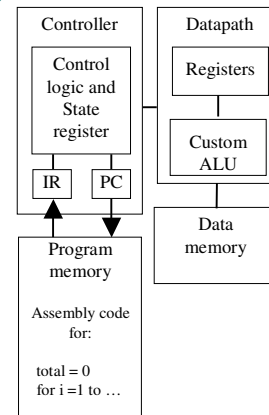
Processadores

- Processadores embarcados (embedded)
 - Proc. de uso geral adaptados para sistemas embarcados:
 - Dispositivos internos
 - Menor potência
 - Facilidade para desenvolver software

Produto	Clock (MHz)	No. I/O	Portas Seriais	Timers/Contad.	Canais DMA	WDT	Controle Interrupção	Refresh DRAM
80386DX	16,20,25,33	0	Não	0	0	Não	Não	Não
80386EX	25	24	3	3	2	Sim	Sim (8259A)	Sim

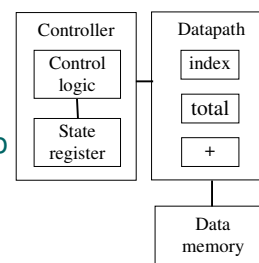
Processadores de Aplicação Específica (ASIPs)

- Processador programável otimizado para uma classe de problema
- Características
 - Memória de programa
 - U.E. otimizada
 - Periféricos especiais
- Vantagem
 - Bom compromisso entre flexibilidade, velocidade, tamanho e potência
- Ex: Microcontroladores (ex. Nitron, 8051)
DSPs



Processadores de propósito único

- Circuito digital projetado para executar um único algoritmo
- Características
 - Contém apenas o necessário ao algoritmo
 - Não tem memória de programa
- Vantagens
 - Projeto sob encomenda pode obter o melhor do tamanho, potência, velocidade, mas perde em flexibilidade
- Ex: co-processadores e periféricos



Seleção de Processadores

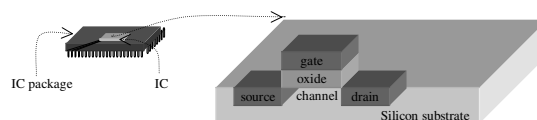
Processor	Clock speed	Periph.	Bus Width	MIPS	Power	Trans.	Price
General Purpose Processors							
Intel PIII	1GHz	2x16 K L1, 256K L2, MMX	32	~900	97W	~7M	\$900
IBM PowerPC 750X	550 MHz	2x32 K L1, 256K L2	32/64	~1300	5W	~7M	\$900
MIPS R5000	250 MHz	2x32 K 2 way set assoc.	32/64	NA	NA	3.6M	NA
StrongARM SA-110	233 MHz	None	32	268	1W	2.1M	NA
Microcontroller							
Intel 8051	12 MHz	4K ROM, 128 RAM, 32 I/O, Timer, UART	8	~1	~0.2W	~10K	\$7
Motorola 68HC811	3 MHz	4K ROM, 192 RAM, 32 I/O, Timer, WDT, SPI	8	~.5	~0.1W	~10K	\$5
Digital Signal Processors							
TI C5416	160 MHz	128K, SRAM, 3 TI Ports, DMA, 13 ADC, 9 DAC	16/32	~600	NA	NA	\$34
Lucent DSP32C	80 MHz	16K Inst., 2K Data, Serial Ports, DMA	32	40	NA	NA	\$75

Sources: Intel, Motorola, MIPS, ARM, TI, and IBM Website/Datasheet; Embedded Systems Programming, Nov. 1998

Ambientes de Projeto de Sistemas Embarcados 23

Tecnologia de IC

- Maneira de mapear uma implementação digital (gate-level) em um circuito integrado
 - IC: Integrated circuit, ou “chip”
 - Tecnologias de IC diferem no nível especialização do projeto
 - IC's possuem inúmeros níveis
 - Tecnologias de IC diferem com respeito a quem constrói os níveis e quando



Ambientes de Projeto de Sistemas Embarcados 24

Tecnologia de I C

- Tipos de tecnologias
 - Full-custom/ VLSI
 - Semi-custom ASIC (gate array and standard cell)
 - PLD (Programmable Logic Device)

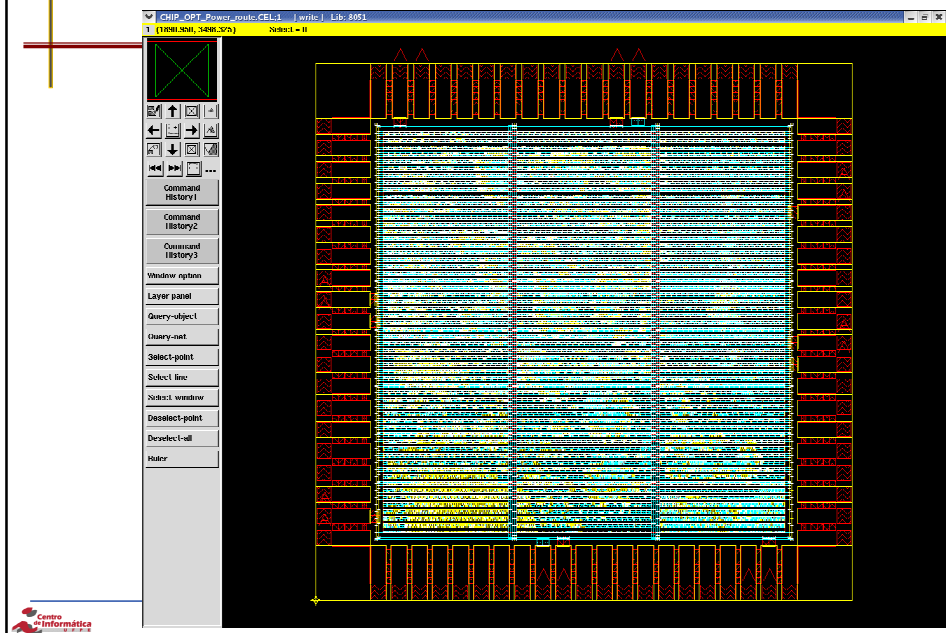
Full-custom/ VLSI

- Todos os níveis são otimizados para uma implementação particular de um sistema embarcado
 - Posicionamento dos transistores
 - Dimensionamento dos transistores
 - Roteamento dos fios
- Vantagens
 - Excelente desempenho, pequeno tamanho, baixa potência
- Desvantagens
 - Custo NRE alto (e.g., \$300k), time-to-market bastante longo

Semi-custo

- Níveis inferiores são completa ou parcialmente construídos
 - Projetistas devem rotear os fios ou posicionar alguns blocos
- Vantagens
 - Bom desempenho, bom tamanho, custo NRE menor que full-custo (de \$ 10k a \$ 100k)
- Desvantagens
 - Ainda requer semanas ou meses de desenvolvimento

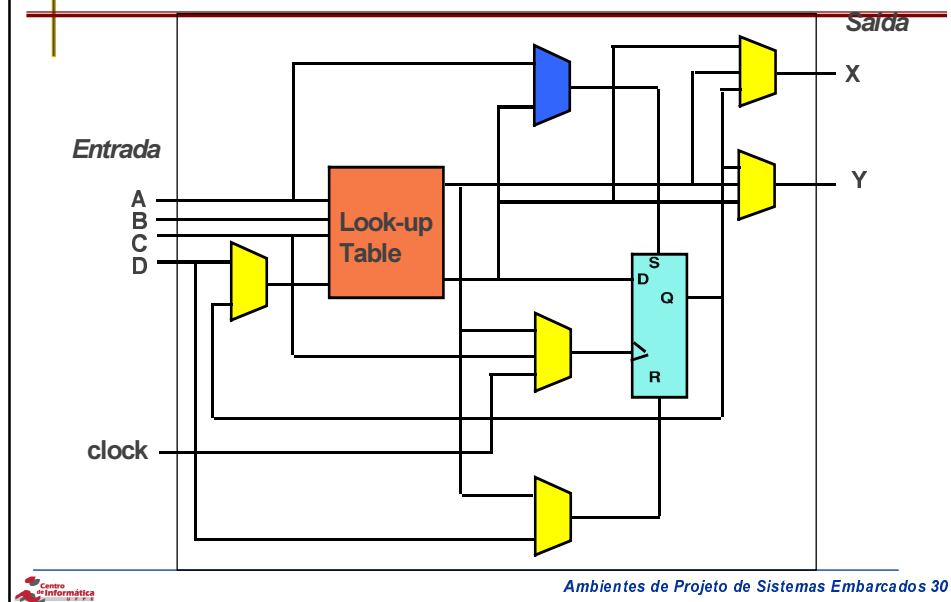
Semi-custo: I P-core do 8051

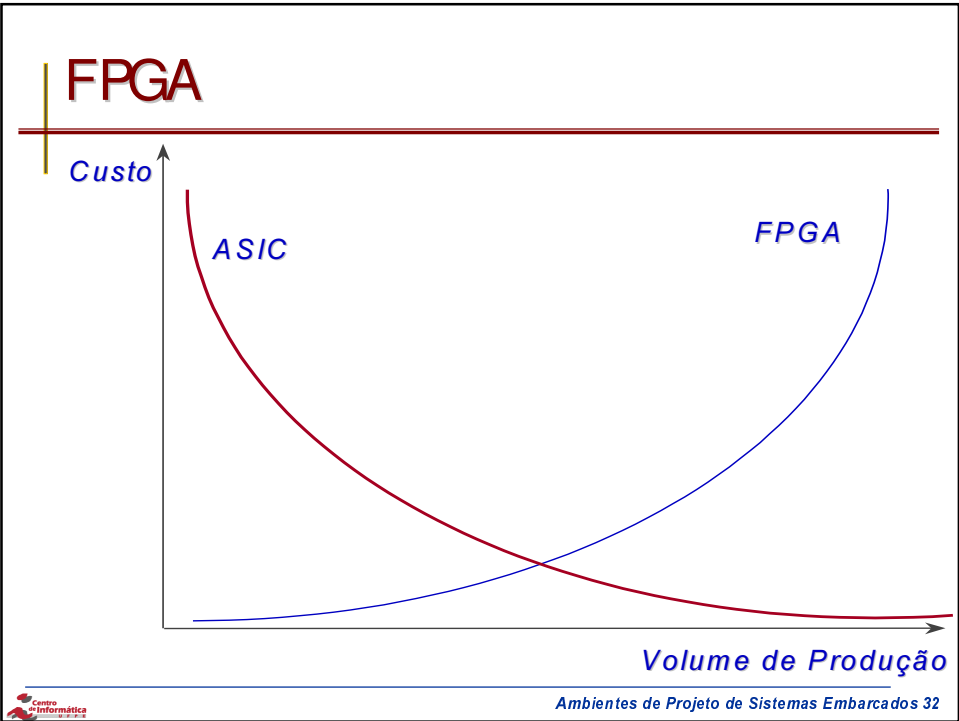
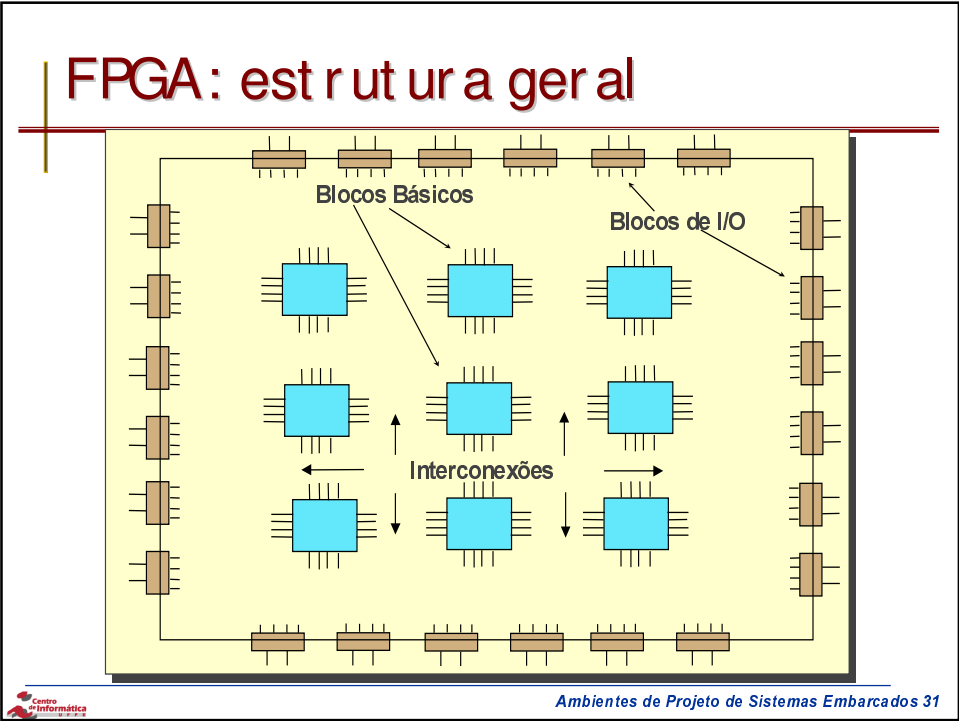


PLD (Programmable Logic Device)

- Todos os níveis já existem
 - Projetistas podem comprar como IC
 - Conexões são criadas ou destruídas para implementar funcionalidade desejada.
 - Field-Programmable Gate Array (FPGA) são os mais populares
- Vantagens
 - Baixo custo NRE
- Desvantagens
 - Grandes, caros (\$30 por unidade), alto consumo de potência, lentos

FPGA: bloco básico

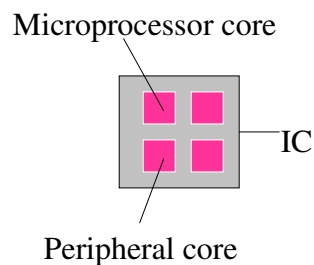
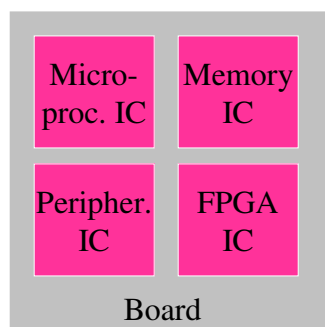




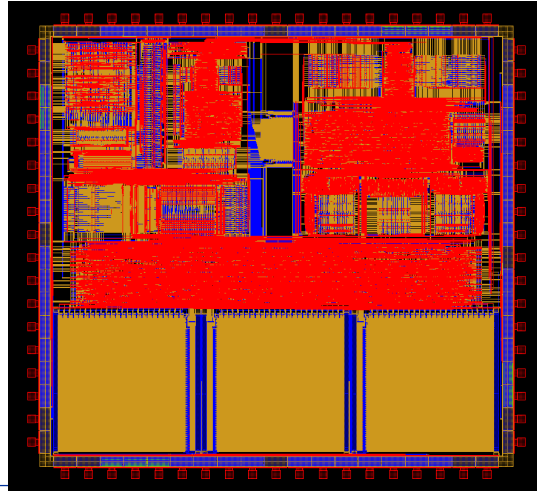
System-On-A-Chip

- Uso de núcleos de processadores (cores)
- Baixo custo de fabricação em série
- Alta qualidade
- Diminuição de efeitos de montagem e fabricação em geral
- Baixa potência consumida
- Pequeno tamanho
- Alta velocidade

Syst em-on- Chip



Syst em-on-a-chip (SOC)



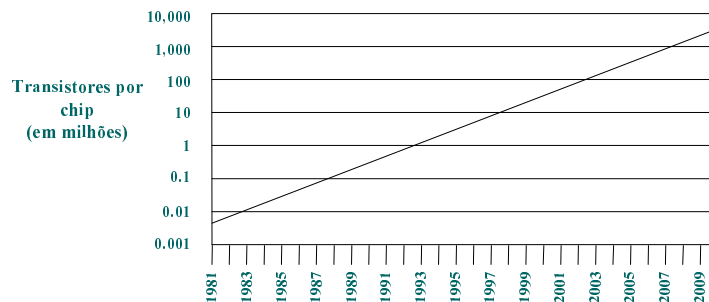
Tecnologias de Projeto

Motivação

Lei de Moore

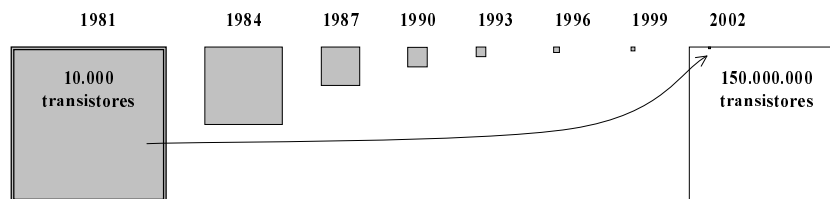
- Uma tendência que se mantém e foi prevista em 1965 por Gordon Moore

Número de transistores praticamente dobra a cada 18 meses

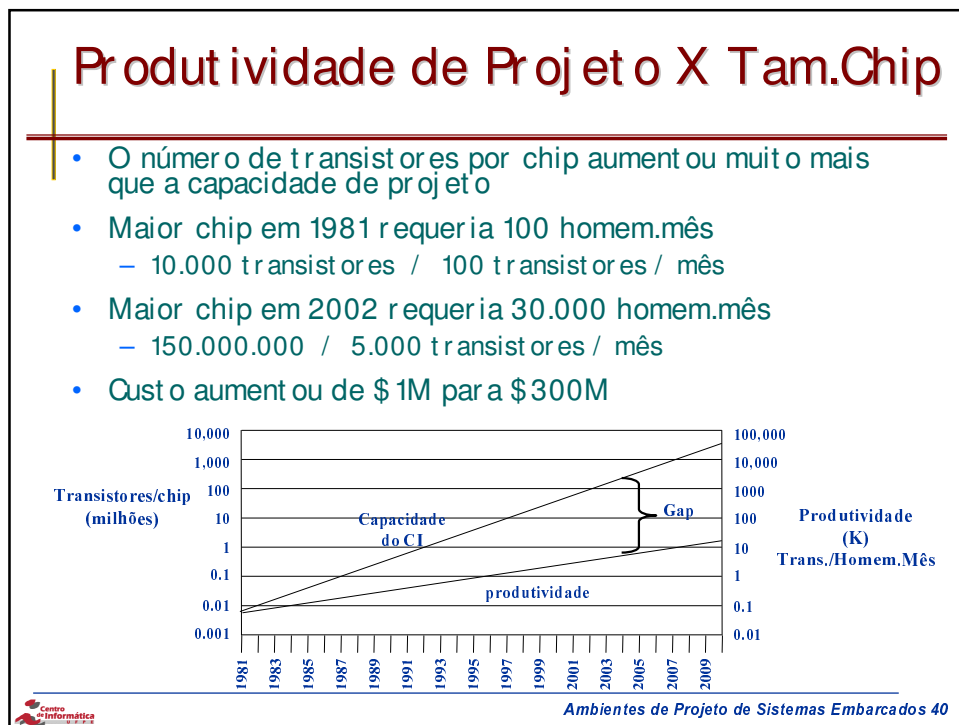
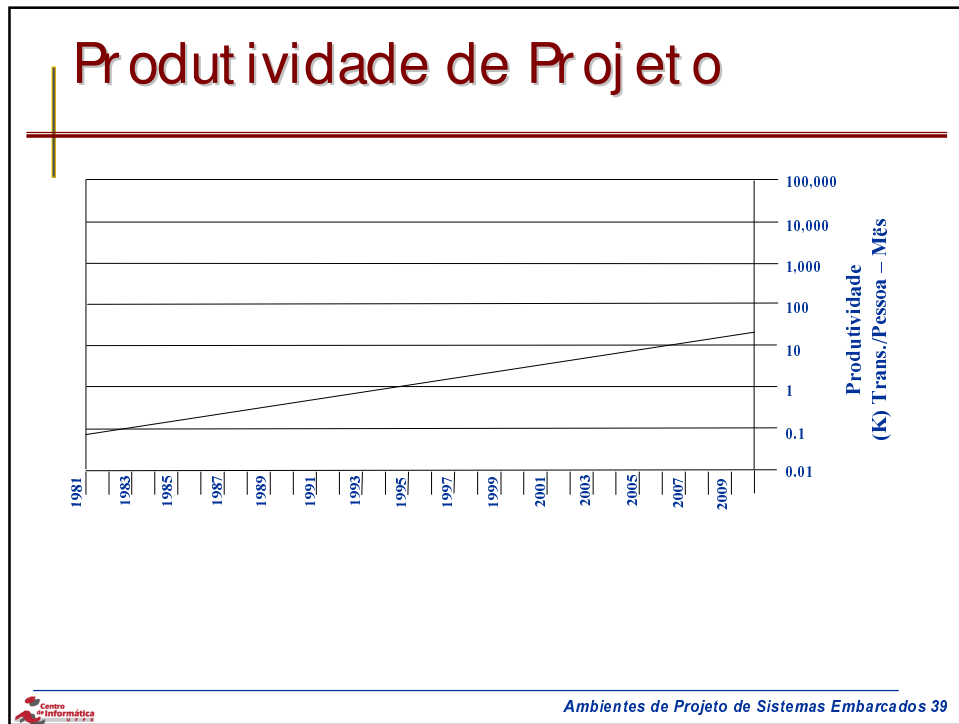


Lei de Moore:

Ilustração Gráfica

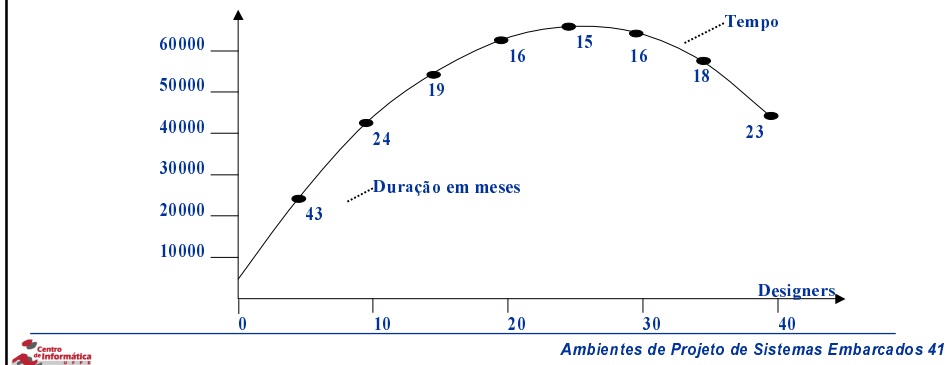


Um chip de 2002 pode conter 15.000 chips de 1981



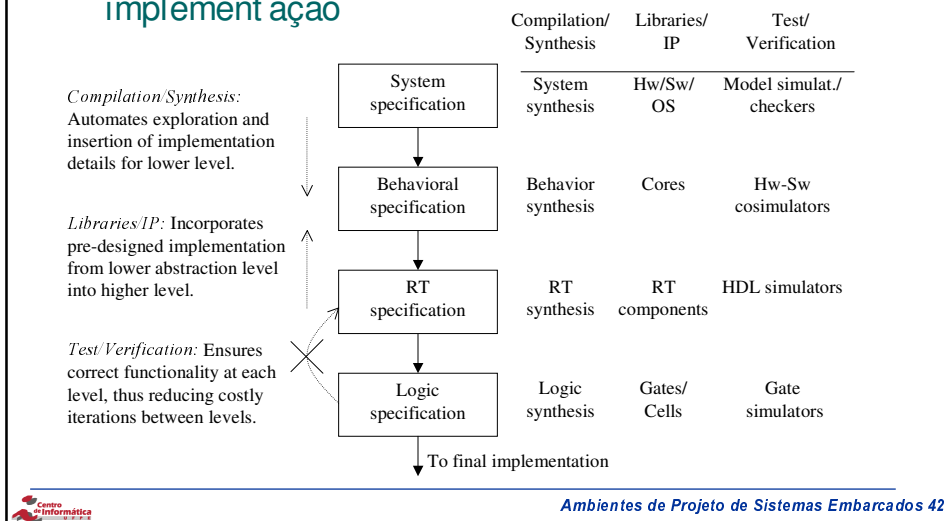
The mythical man-month

- O problema é pior na realidade
- O aumento da equipe pode, em algum momento, tornar o projeto mais lento, devido a complexidade de gerenciamento e comunicação
- Esse efeito é conhecido na comunidade de software como "the mythical man-month" (Brooks 1975)



Tecnologia de Projeto

- A maneira de converter uma funcionalidade em implementação

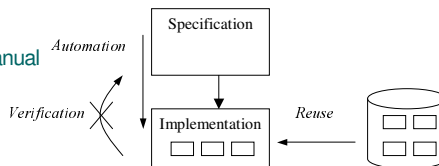


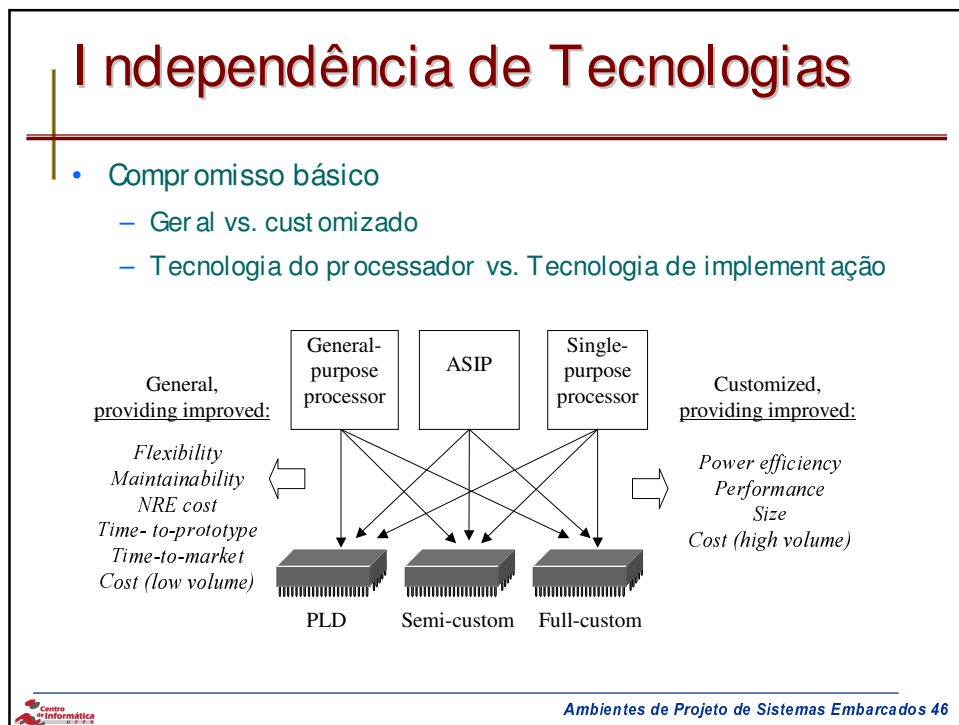
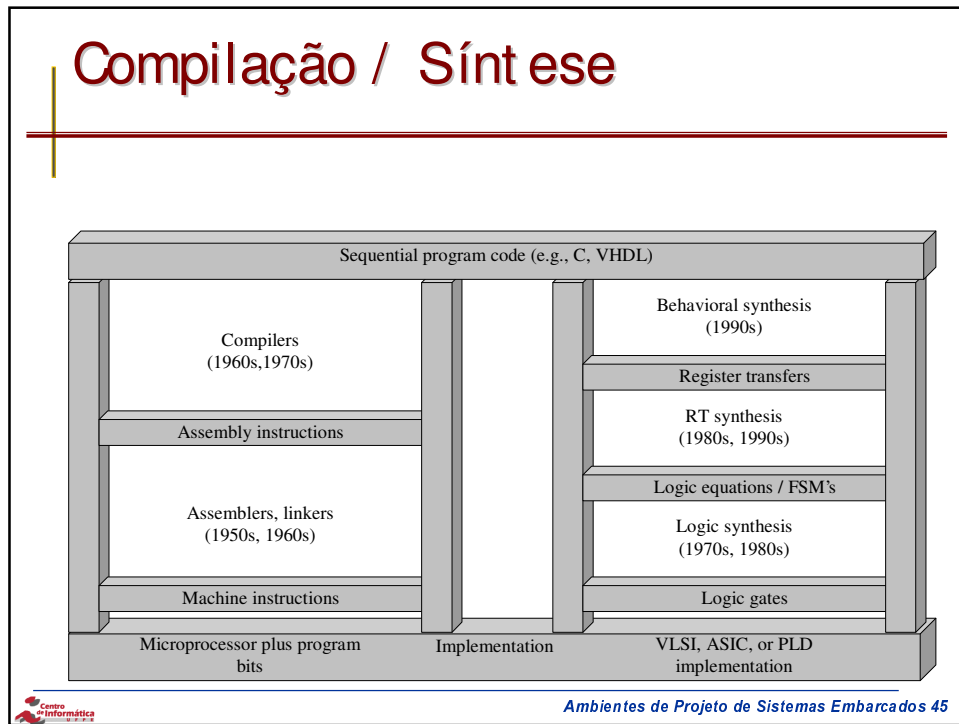
Tecnologia de Projeto

- Projeto de sistemas embarcados
 - Definição da funcionalidade
 - Conversão da funcionalidade em implementação enquanto:
 - Satisfazendo restrições de projeto
 - Otimizando outras métricas
- Dificuldades
 - Complexidade da Funcionalidade
 - Milhões de possíveis implementações
 - Métricas relacionadas e que competem
 - Gap de Produtividade
 - Menos que 10 linhas de código ou 100 transistores produzidos por dia

Melhorando a Produtividade

- Tecnologias de Projeto
- Foco em tecnologias com visão unificada de hardware e software
 - Automação
 - Programas substituem projeto manual
 - Compilação / Síntese
 - Reuso
 - Componentes pré-definidos
 - IP-cores
 - Processadores de propósito geral e de propósito único em um mesmo IC
 - Verification
 - Garantir correção e completude de cada etapa de projeto
 - Co-simulação Hardware/software





Resumo

- Desafios de Projeto:
 - Otimização das métricas
 - Custo
 - Time-to-market
- Tecnologias Essenciais
 - Processadores:
 - Propósito geral
 - Domínio Específico
 - Propósito único
 - IC
 - Projeto

Resumo

- Técnicas de Projeto
 - Lei de Moore e Gap de Produtividade
 - As técnicas de hardware e de software suportam o mesmo nível de abstração
 - Técnicas atuais de Projeto de Hardware
 - Síntese
 - Reuso
 - Uso de plataformas pré-definidas

Programa do Curso

- Introdução
- Processadores de Aplicação Específica: Hardware
- Processadores de propósito Geral: Software
- Periféricos
- Memória
- Interfaces
- Ferramentas de Apoio a Projetos

Avaliação

- Unidade 1:
 - prova
 - lista de exercício
 - seminários
- Unidade 2
 - prova
 - projeto
 - seminários

Bibliografia

- Embedded System Design: A Unified Hardware/ Software Introduction
 - Frank Vahid and Tony Givargis, John Wiley and Sons, 2002