

# EE610 Eletrônica Digital

**Prof. Fabiano Fruett**

Email: [fabiano@dsif.fee.unicamp.br](mailto:fabiano@dsif.fee.unicamp.br)

Atendimento extra-aula: FEEC, bloco A, sala 207

- Ementa
- Bibliografia
- Sistema de avaliação
- Introdução

1 - Introdução

1

Página do curso: <http://www.dsif.fee.unicamp.br/~fabiano/>  
Graduação  
EE610

**Fabiano Fruett, professor doutor**  
FEEC - DSIF - UNICAMP [e-mail](mailto:fabiano@dsif.fee.unicamp.br)

Disciplinas oferecidas:  
[Graduação](#)  
[Pós-graduação](#)  
[Linhas de pesquisa](#)  
[Publicações](#)  
[Home](#)

**EE 626 - Eletrônica Digital I**

Turma A, 2 10 11 4 10 11 Segundo semestre de 2003

Objetivos	Ementa	Avaliação	Bibliografia
Slides Download	Material Complementar	Quadro de Aviação	Notas

**1. Objetivos da disciplina**

Este curso aborda importantes conceitos relacionados à análise e projeto de circuitos, eletrônicos e microeletrônicos, digitais.

**2. Ementa resumida**

Introdução à eletrônica digital. Conceitos fundamentais de circuitos digitais. Pulsos e circuitos de temporização. Multivibradores. Família CMOS. Família NMOS. Transistor bipolar. Família TTL. Família ECL. Família HCMOS. Conteúdo: Introdução à eletrônica digital. Modelos. Projeto de circuitos digitais.

1 - Introdução

2

# **Eletrônica Digital**

## **Ementa Resumida**

### **1. Introdução**

### **2. Circuitos lógicos-digitais**

- a. Conceitos fundamentais de circuitos digitais**
- b. Família CMOS**
- c. Família NMOS**
- d. Transistor bipolar (Revisão)**
- e. Família TTL**
- f. Família ECL**
- g. Família BiCMOS**
- h. Compatibilidade e Interface**

1 - Introdução

3

# **Eletrônica Digital**

### **3. Circuitos Integrados Digitais**

- a. Circuitos lógicos seqüenciais**
- b. Memórias**
- c. Conversores A/D e D/A**

### **4. Pulsos e circuitos de temporização**

### **5. Dispositivos Lógicos Programáveis – PLDs**

1 - Introdução

4

# Bibliografia

- Sedra, S, & Smith, K.C. Microeletrônica, Pearson Education, 2007
- Millman, A. & Grabel, Microelectronics, McGraw-Hill, 1987
- Tocci, R, J, Widner, N. S. & Moss, G, Sistemas Digitais, 2007
- Rabaey, J, M, Chandrakasan, A & Nikolic, B, Digital Integrated Circuits, 2003

## Critério de avaliação

A Média será obtida da seguinte forma:

$$M = (P1+P2+P3)/3 ,$$

sendo que P1, P2 e P3 são as notas das provas.

Se  $M \geq 5,0$  então o aluno está aprovado com Média Final  $MF=M$ ,

se  $M < 5,0$  ou se o aluno perdeu uma das provas (justificadamente), então poderá fazer prova substitutiva. A prova substitutiva será sobre todo o conteúdo da matéria. Se após a substitutiva  $M \geq 5,0$  então o aluno está aprovado.

Se nenhuma das condições acima forem satisfeitas, então o aluno está para exame. A média final será calculada da seguinte forma:

$$MF=(3 \times M+2 \times E)/5,$$

sendo que E é a nota no exame. Se  $MF \geq 5,0$  o aluno está aprovado.

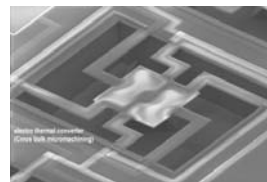
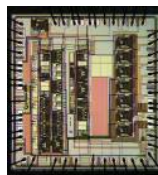
OBS: alunos com presença inferior a 75% estarão automaticamente reprovados.

# Datas Importantes

Data	Avaliação
05/09/07	Prova P1
10/10/07	Prova P2
14/11/07	Prova P3
28/11/07	Substitutiva
10/12/07	Exame

## Introdução

### Passado, Presente e Futuro da Microeletrônica



# Primeiro Transistor

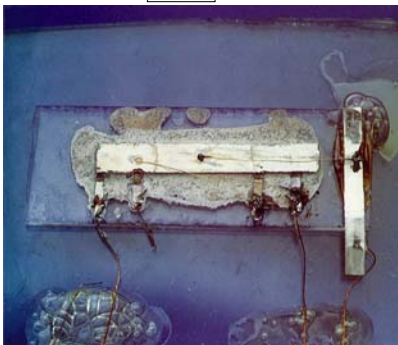


John Bardeen and Walter Brattain  
**Bell Labs**

16 de Dezembro de 1947

## Evolução ...

1958

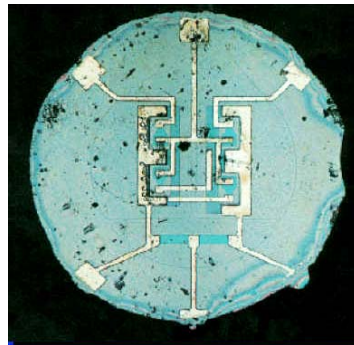


**Primeiro circuito integrado**

**Jack S. Kilby, Texas Instruments**

Continha cinco componentes, três tipos:  
Transistores, resistores e capacitores

1961

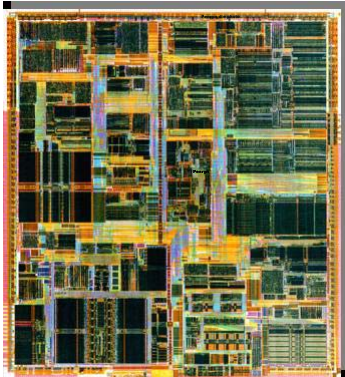


**Primeiro circuito integrado Planar**

**Fairchild and Texas Instruments** apresentam este  
CI que continha funções lógicas simples

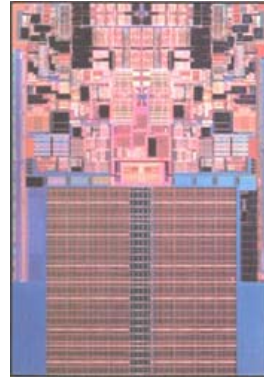
# Evolução ...

1997



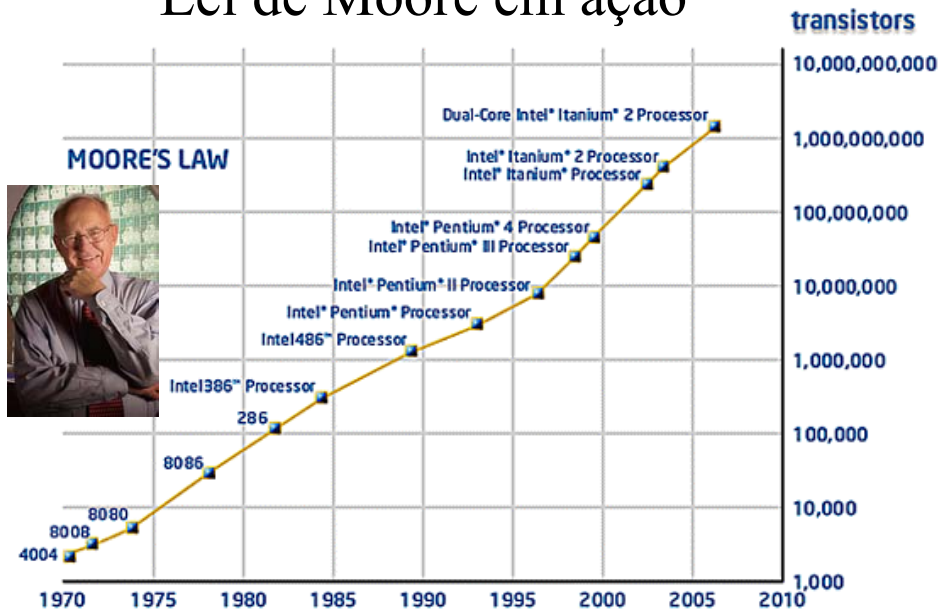
**Intel Pentium II**  
Clock: 233MHz  
Número de transistors: 7.500.000  
Gate Length: 0.35  $\mu\text{m}$

2006

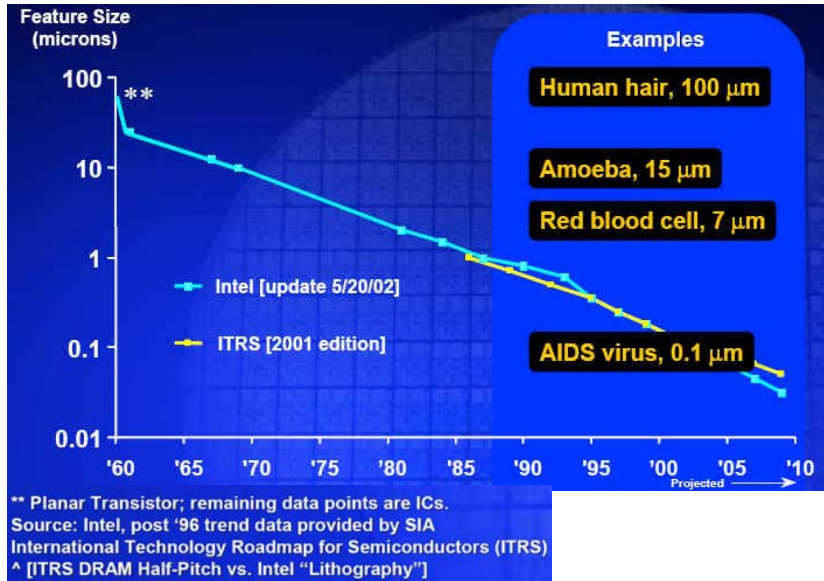
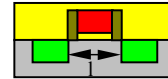


**Penryn**  
Primeiro processador 45 nm  
Intel Core 2

## Lei de Moore em ação



# Escalonamento



Fonte: [http://download.intel.com/research/silicon/Gordon\\_Moore\\_ISSCC\\_021003.pdf](http://download.intel.com/research/silicon/Gordon_Moore_ISSCC_021003.pdf)

## Previsão: Roadmap SIA 1997

Dado \ Ano	1997	1999	2001	2003	2006	2009	2012
$L_{\text{MIN}}$ (nm)	250	180	150	130	100	70	50
DRAM (bits)	256M	1G	-	4G	16G	64G	256G
Área chip DRAM (mm <sup>2</sup> )	280	400	480	560	790	1120	1580
Diâmetro / lâmina (mm)	200	300	300	300	300	450	450
Níveis de metal (lógica)	6	6-7	7	7	7-8	8-9	9
Compr. metal (lógica) (m)	820	1480	2160	2840	5140	10000	24000
$V_{\text{DD}}$ (V)	2.5	1.8	1.5	1.5	1.2	0.9	0.6
$V_{\text{T}}$ (V)	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
$F_{\text{MAX}}$ de relógio (MHz)	750	1250	1500	2100	3500	6000	10000
Número máscaras <sup>22</sup>	23	23	24	25	26	28	
Espess. Óxido	6.5	5.0	4.5	4.0	3.5	2.7	2.0
Defeitos (m <sup>-2</sup> ) <sup>***</sup>	2080	1455	1310	1040	735	520	370
Custo/bit DRAM inicial ( $\mu\text{c}$ ) <sup>120</sup>	60	30	15	5.3	1.9	0.66	

# Qual o limite para a tecnologia nanoeletrônica?

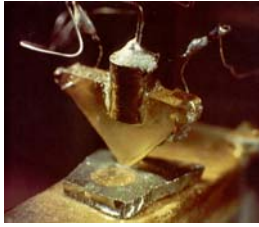
- ✓ A evolução encontra-se perto dos limites físicos.
- ✓ Já foi demonstrado experimentalmente o funcionamento de transistores isolados, com dimensões mínimas menores que 10 nm.
- ✓ O limite real da tecnologia nanoeletrônica só o futuro determinará.
- ✓ Sobrevida estimada de 20 anos.

## Exemplos de tecnologias para implementação de lógicas binárias

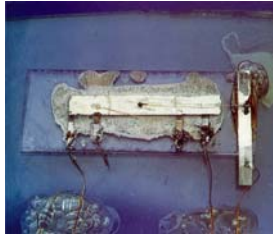
- Rele
- Semicondutor
  - TTL, ECL
  - CMOS
- Óptica
- Polímero



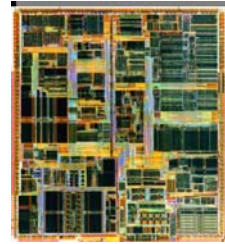
# Evolução da Engenharia “Eletrônica”



Primeiro Transistor



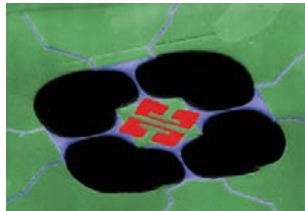
Primeiro CI



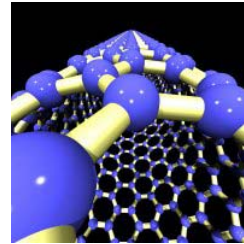
Intel Pentium II



Micro máquinas

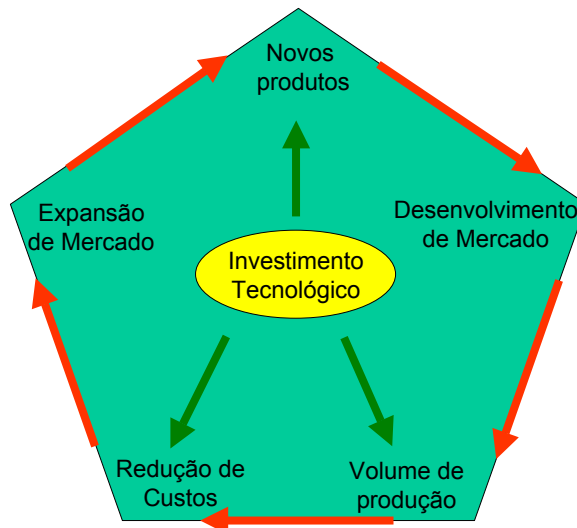


Nano sistemas  
1 - Introdução



Nano tubos de carbono 17

## Ciclo da indústria de semicondutores



## “O mundo é digital...”

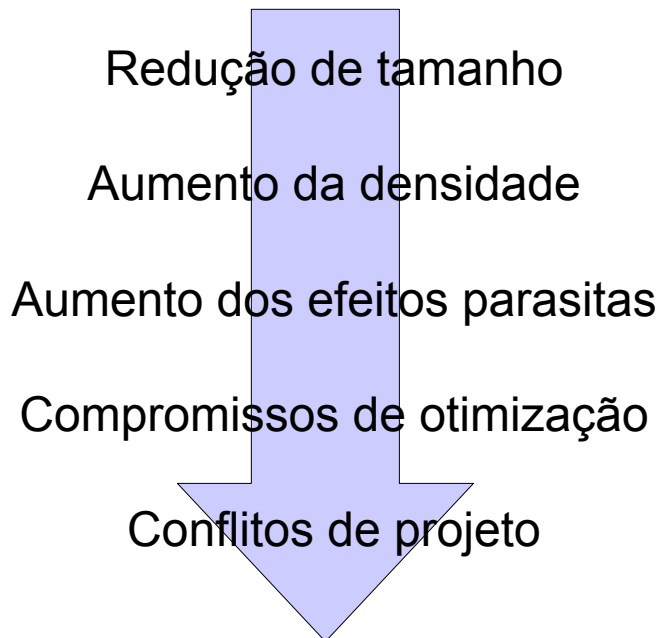
- Analógico perde terreno:
  - Computação
  - Instrumentação
  - Sistemas de controle
  - Telecomunicação
  - Eletrônica de consumo

## “...analógico, continua vivo”

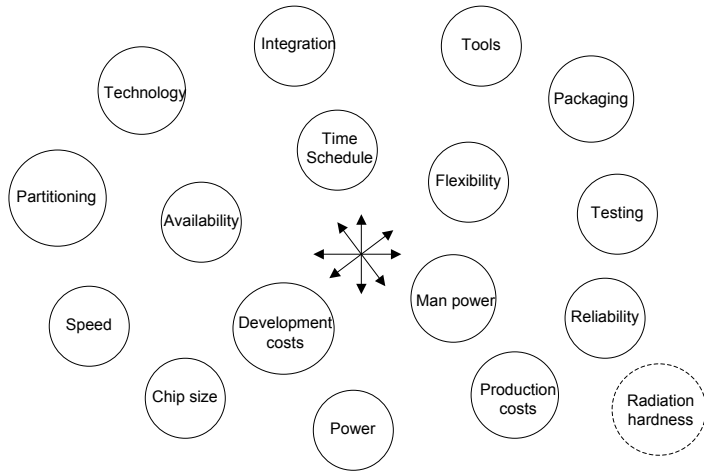
- Amplificadores de sinais muito fracos
- Sensores
- Conversores A/D e D/A
- Comunicação RF
- Amplificadores de alta frequência
- Sistemas digitais estão ficando rápidos, aumentando a densidade dos circuitos: Fenômenos “analógicos” estão se tornando importantes em sistemas digitais

**Eletrônica Digital**  
Transistor operando  
como chave

**Eletrônica Analógica**  
Transistor operando  
como amplificador



# Compromissos de otimização em projeto de CIs “Trade offs”



Níveis de abstração do projeto

