



II Semana de Tecnologia da Informação

Microeletrônica no Brasil: Desafios e Perspectivas no Projeto de Circuitos Integrados

Agenda

- ✓ Microeletrônica: um pouco de história
- ✓ Fabricação de Circuitos Integrados
 - ✓ Processos
 - ✓ Etapas de projeto
- ✓ Microeletrônica no Brasil
 - ✓ Programa Ci-Brasil
 - ✓ Design Houses e o LSI-TEC
- ✓ Oportunidades de Negócios

Microeletrônica: Um pouco de história

1833: Michael Faraday reporta pela primeira vez uma característica típica de semicondutores, ao descrever o aumento da corrente com a temperatura, em cristais de sulfeto de prata.

1874: Karl Ferdinand Braun reporta, pela primeira vez, a existência de materiais que violam a lei de Ohm. Entram em cena os semicondutores.

1901: Jagadis Chandra Bose patenteia o “Cat’s whisker” como detector retificador para ondas de rádio.

1904: Primeira utilização de um cristal semiconductor (não manufaturado), a galena, como retificador em rádio AM. Foi quase que imediatamente substituído pelo tubo a vácuo.

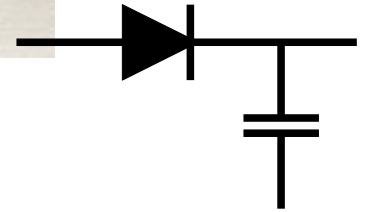
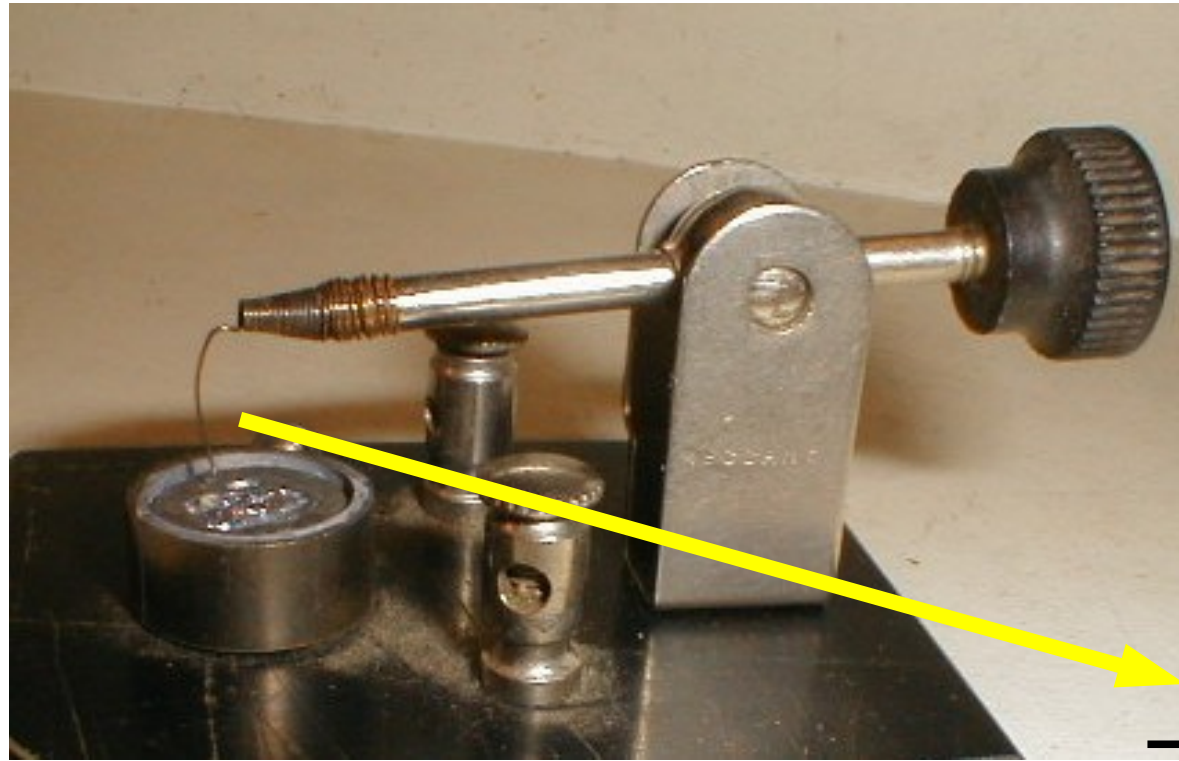
1916: Jan Czochralski desenvolve, ao estudar a taxa de cristalização de metais, o método de crescimento de cristais que hoje leva o seu nome.

1925: Julius Edgar Lilienfeld patenteia, no Canadá, uma primeira versão de um transistor de efeito de campo.

1940: Russell Ohl descobre a junção PN e o efeito fotovoltaico no silício.



“Bigode de gato”



1941: Durante a segunda guerra mundial, o uso do radar requereu o uso de frequências mais altas, que não podiam ser manipuladas por válvulas. Ressurgem os retificadores baseados em semicondutores.

1947: William Shockley, John Bardeen e Walter Brattain da Bell Labs constroem o primeiro transistor de ponto-de-contato funcional.

1948: A Bell Labs desenvolve o primeiro cristal de germânio para uso como substrato.

* Shockley concebe a idéia de um transistor bipolar.

1952: Calvin Fuller, da Bell Labs, demonstra como introduzir impurezas em cristais de germânio, e depois silício. Surge o processo de difusão.

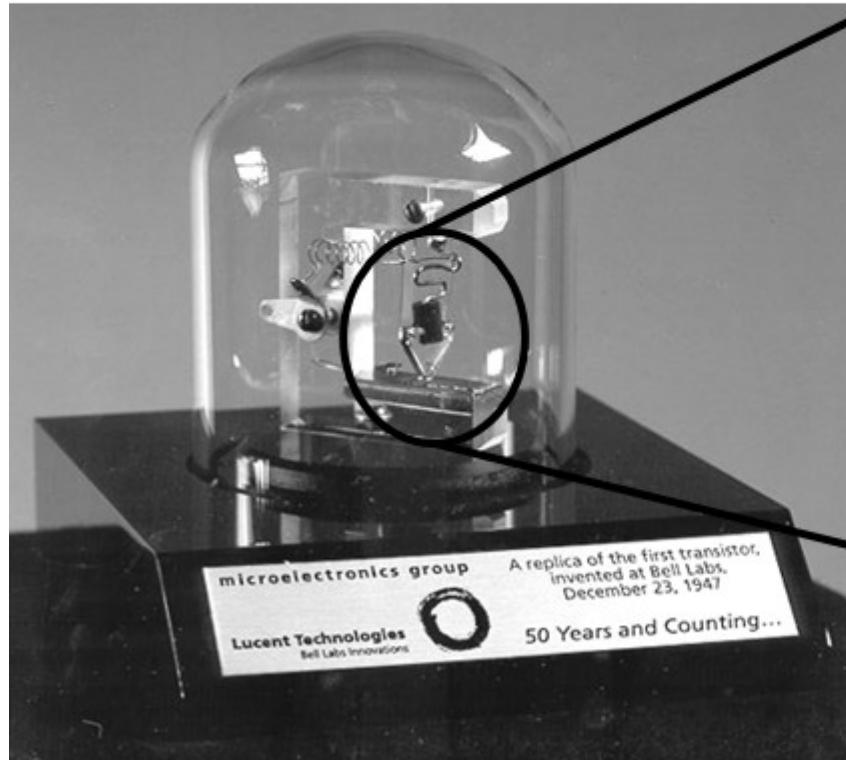
1954: Primeira junção PN formada pela difusão de boro em silício tipo N. Trabalho de Calvin Fuller, Daryl Chapin e Gerald Pearson.

1955: Jules Andrus e Walter L. Bond da Bell Labs, começaram a adaptar técnicas fotográficas para gravação de padrões em camadas de dióxido de silício.

1958: Jean Hoerni desenvolve o processo planar ao evitar remover o óxido de silício que passa a ser usado como máscara para a difusão de dopantes.



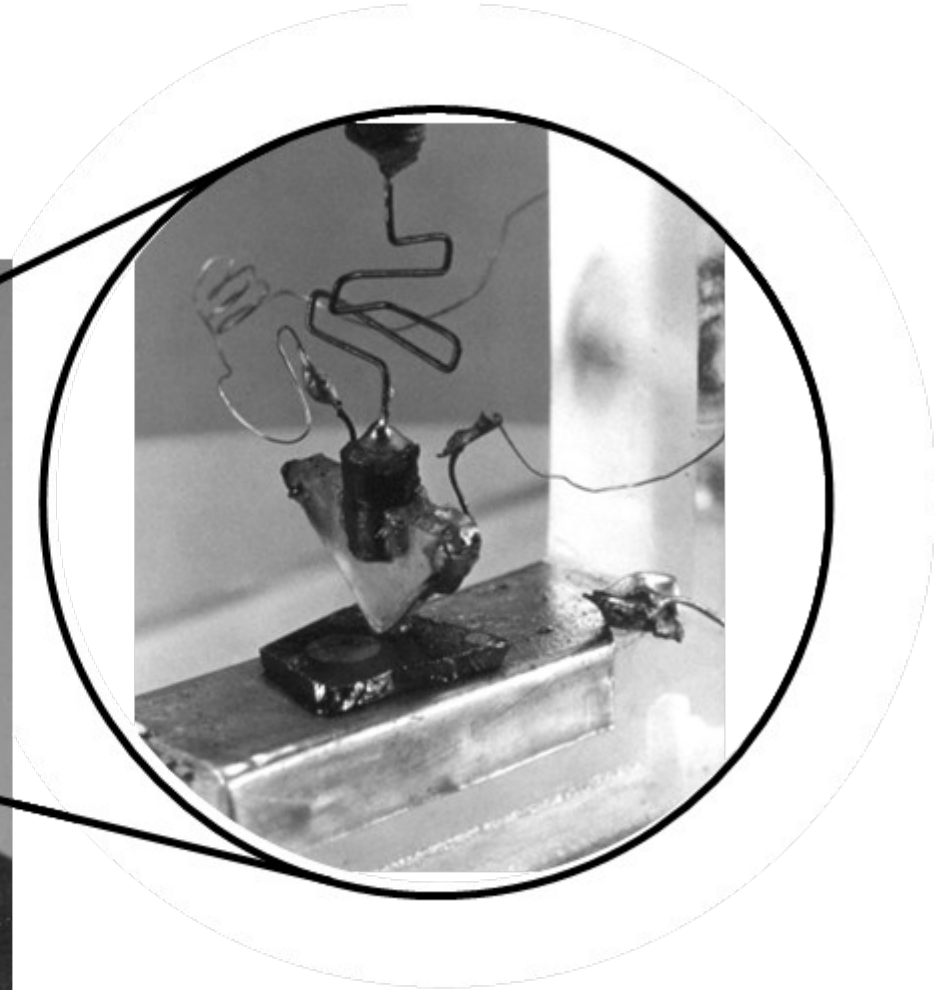
O primeiro transístor



microelectronics group
Lucent Technologies
Bell Labs Innovations

A replica of the first transistor,
invented at Bell Labs,
December 23, 1947

50 Years and Counting...



1958: Jack Kilby, da Texas Instruments, propõe a fabricação de dispositivos passivos na mesma pastilha dos transístores. Surge assim os circuitos integrados. Na mesma época, Robert Noyce propõe uma solução melhor para interconectar os dispositivos na pastilha.

1959: Kurt Lehovec desenvolve o conceito de isolamento por meio de junções PN reversamente polarizadas.

1960: Primeiro circuito integrado a utilizar o processo planar é fabricado pela Fairchild.

* Atalla e Dawon Kahng, da Bell Labs, demonstraram o primeiro transístor de efeito de campo funcional.

1961: Transístores de silício tornam-se mais rápidos do que os de germânio.

1963: C. T. Sah e Frank Wanlass da Fairchild inventam a configuração CMOS, que emprega transístores MOS de ambos os tipos, P e N.

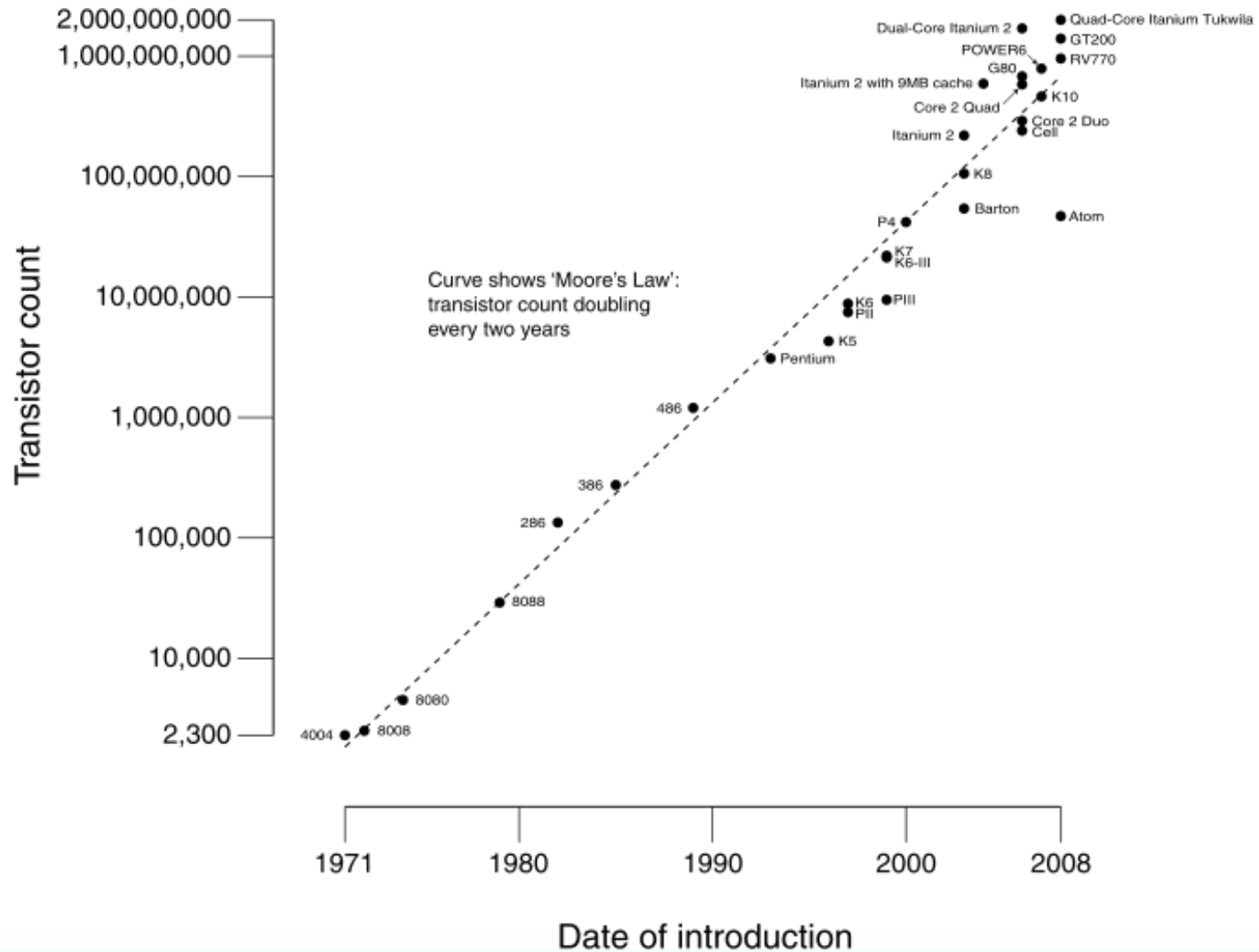
1965: Gordon Moore, então na Fairchild, preconiza que o número de transístores num circuito integrado dobraria a cada 12 meses. É a "lei de Moore". Atualmente, diz-se que o número de dispositivos integrados deve dobrar a cada 18 meses.

1967: Surgem os primeiros ASIC's (Standard Cells e Gate-Arrays) projetados em ferramentas CAD.

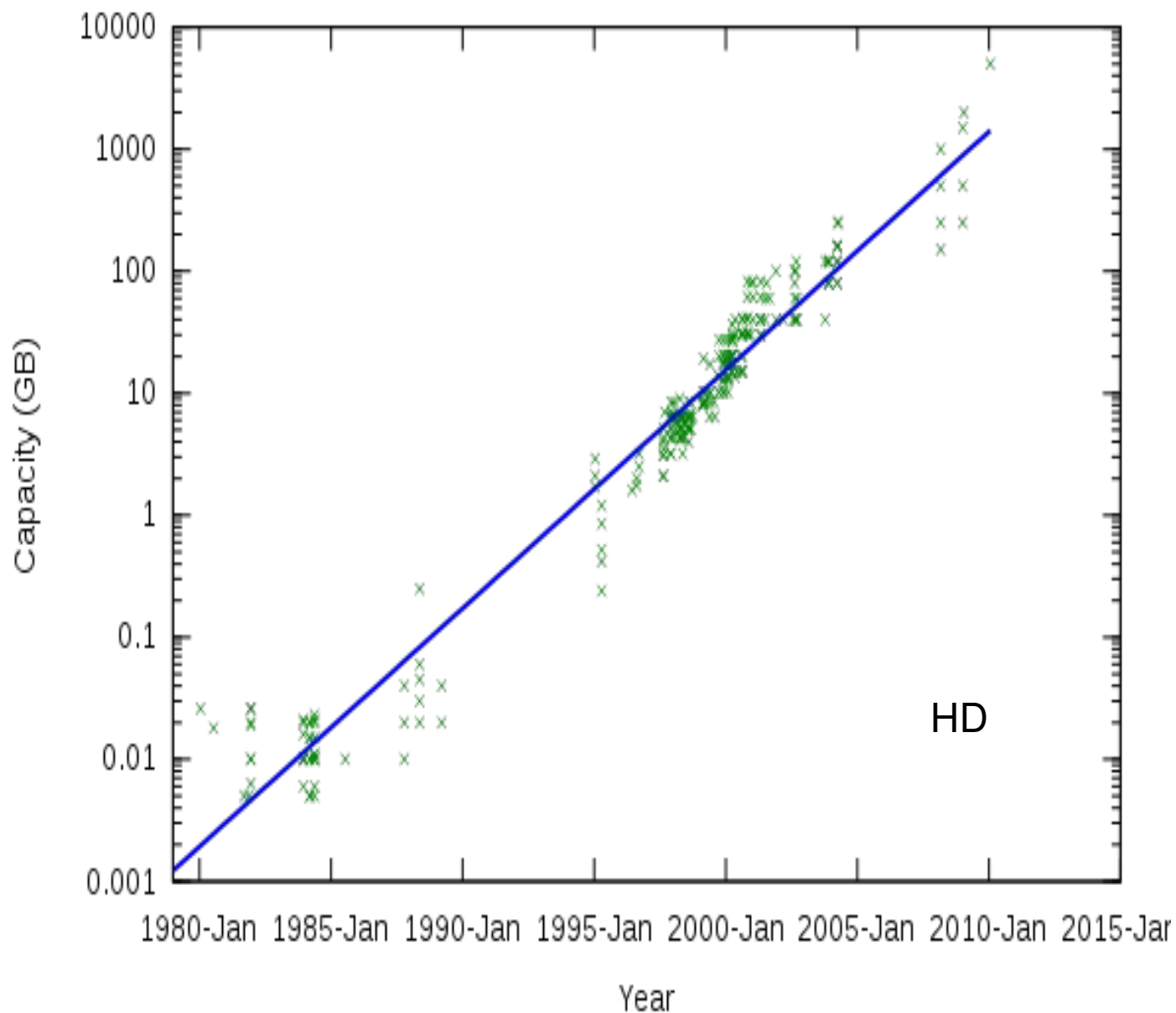


Lei de Moore

CPU Transistor Counts 1971-2008 & Moore's Law



Lei de Moore

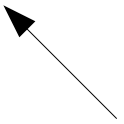


- 1970: Intel lança memórias RAM dinâmicas, as DRAM's.
- 1971: Primeiro microprocessador, o Intel 4004, desenvolvido por uma equipe liderada por Federico Faggin.
- 1974: Primeiro System-on-Chip, ou SoC, é desenvolvido por George Thiess e Willy Crabtree da Electro-Data. Tratava-se de um relógio de pulso com display em LCD.
- 1984: Xilinx inventa o FPGA.
- 1988: Arquitetura RISC chega ao mercado.
- 2020: Espera-se para esse ano que a tecnologia baseada em CMOS atinja o seu limite físico.



Fabricação de CI's: Processos e Projetos

Condutor x Isolante



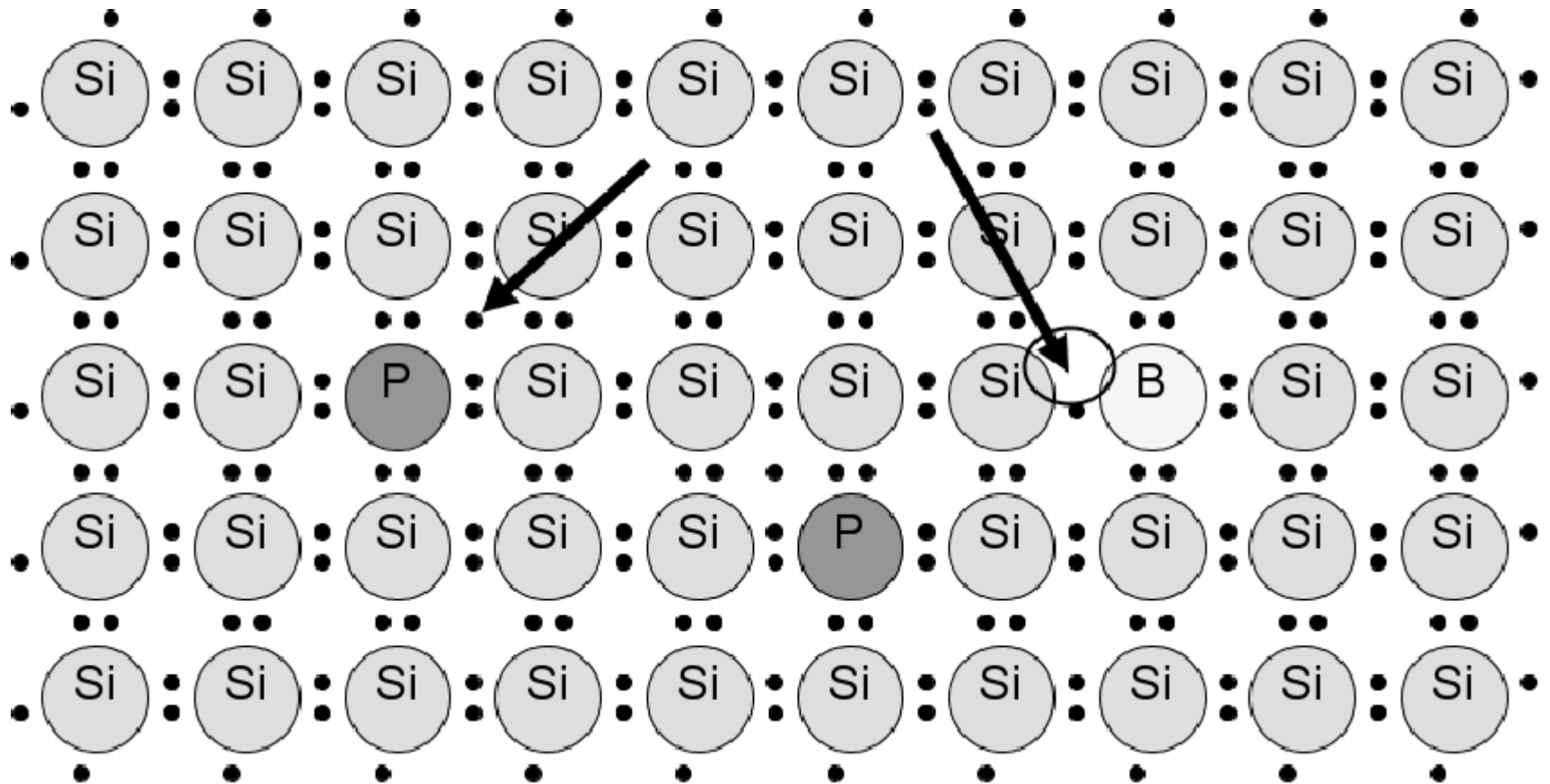
Resistores



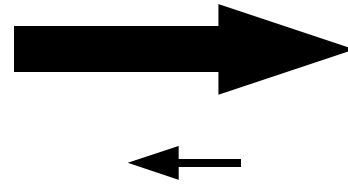
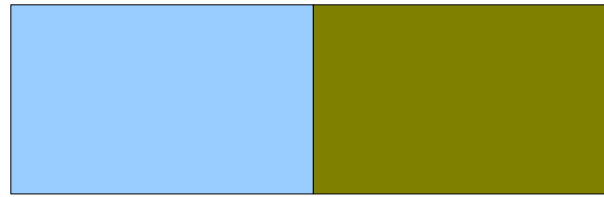
Capacitores



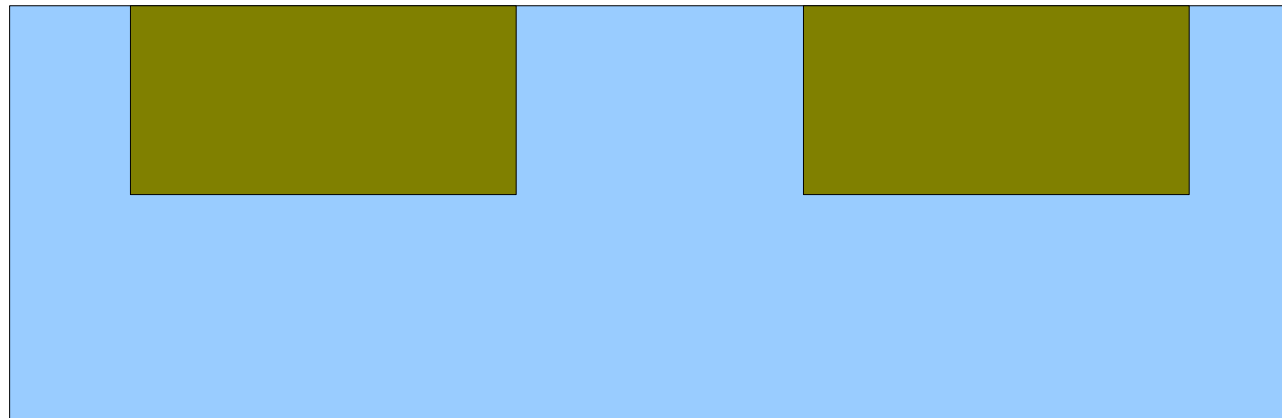
Estrutura cristalográfica do Si

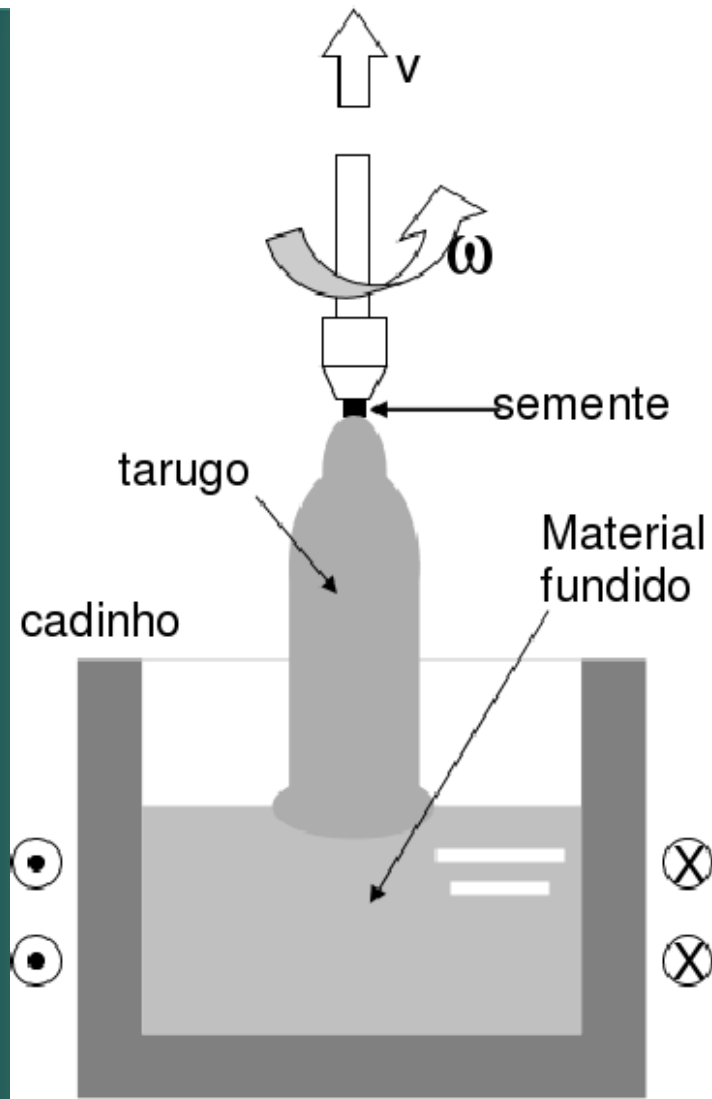


Junção PN

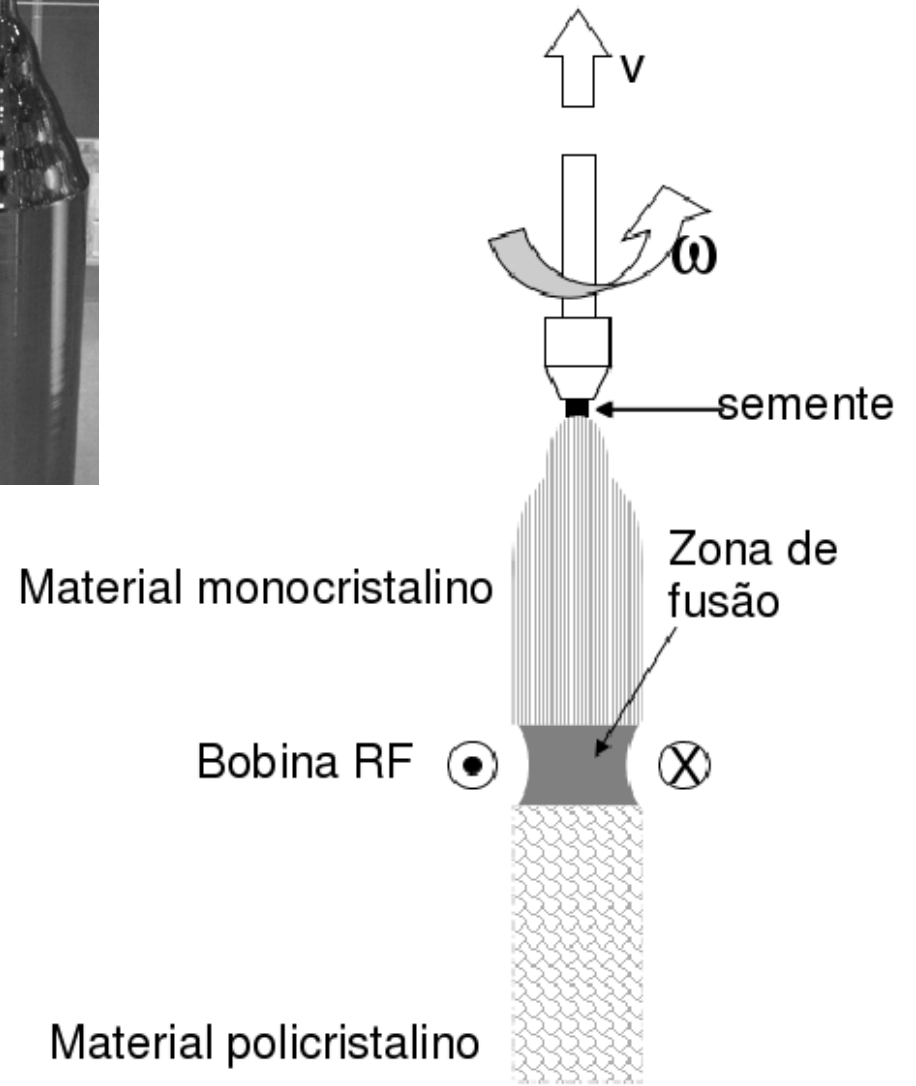


Fluxo de corrente





a)



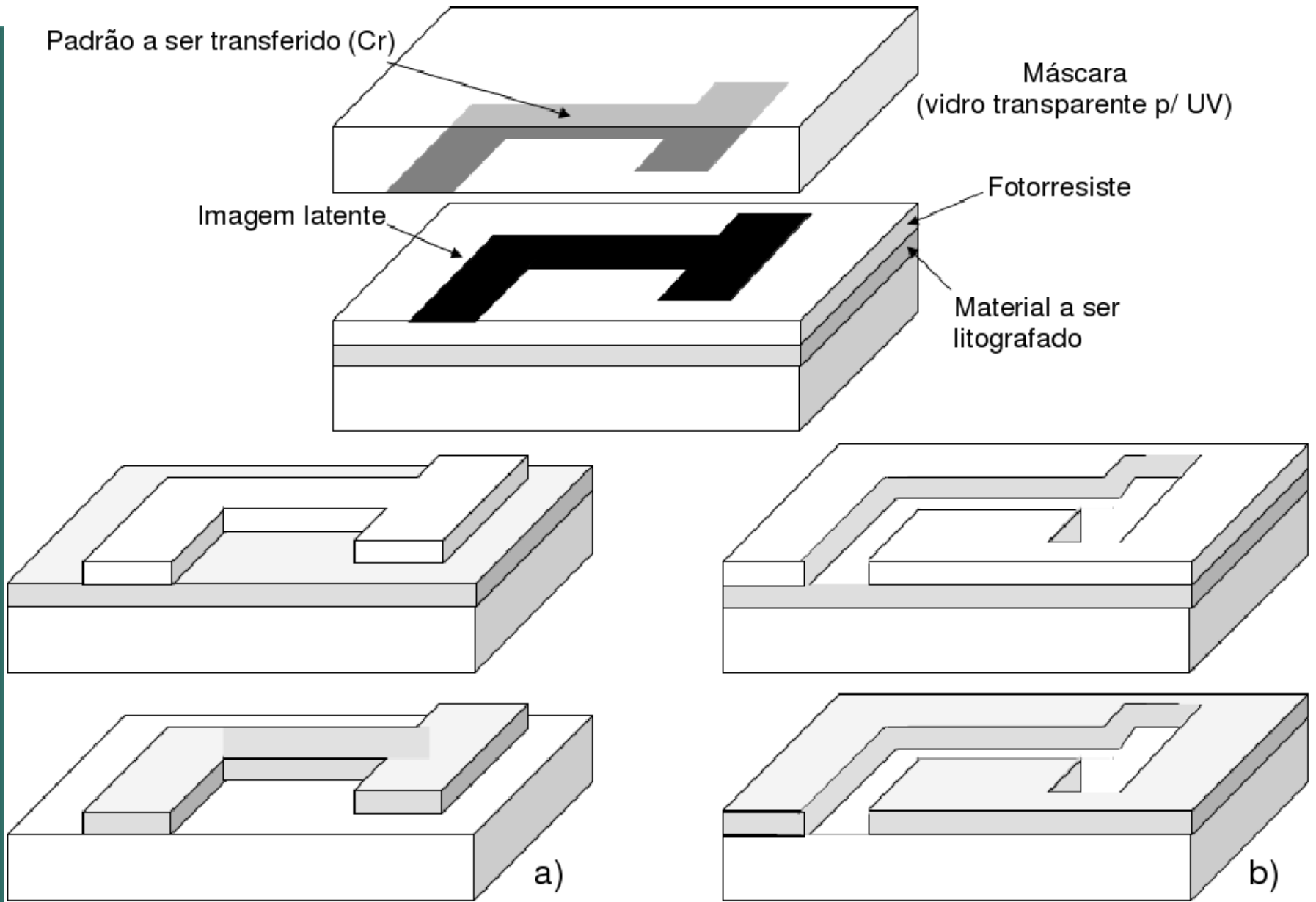
b)

Puxador Czochralski (a); e Fusão Zonal (b)

Tipos de processos

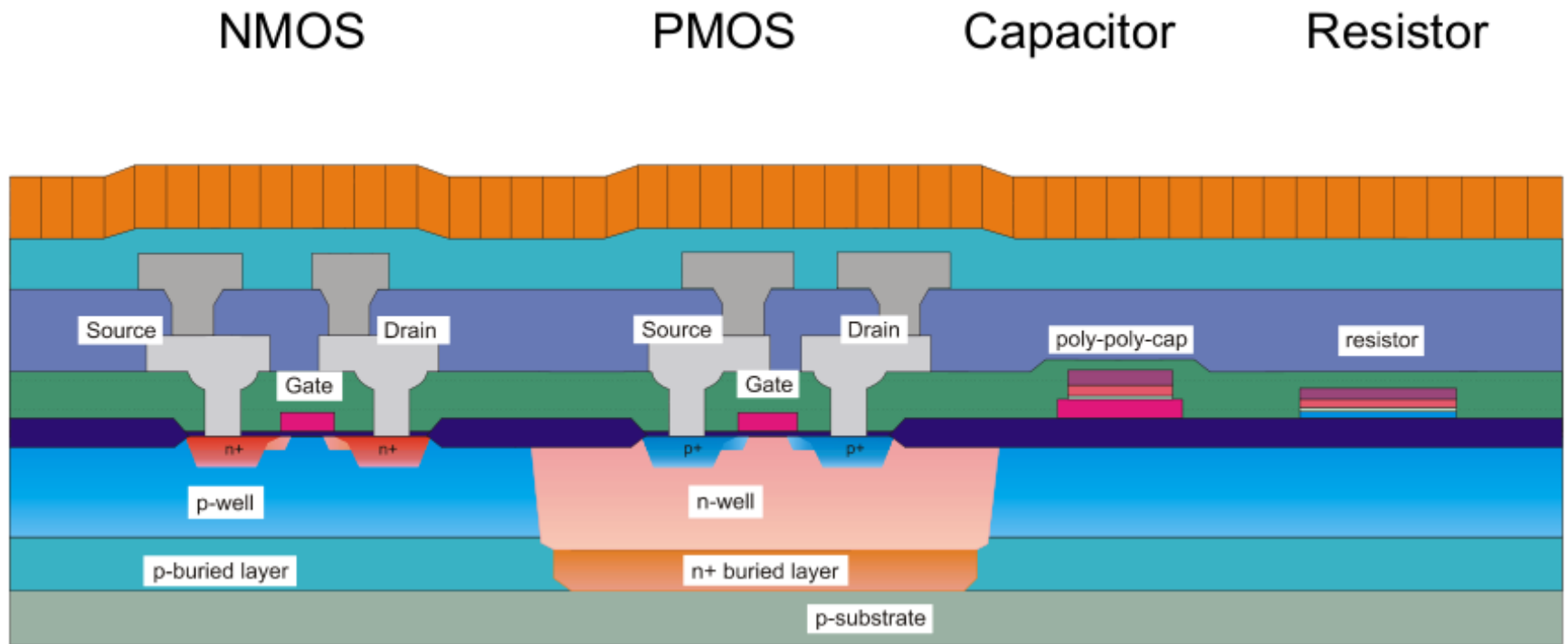
- ✓ Deposição de material
 - ✓ Evaporação
 - ✓ Difusão
 - ✓ Implantação Iônica
 - ✓ Cresc
- ✓ Remoção de material
 - ✓ Corrosão seca e úmida / química e física
- ✓ Fotolitografia





Processo de fotolitografia: a) positivo; b) negativo

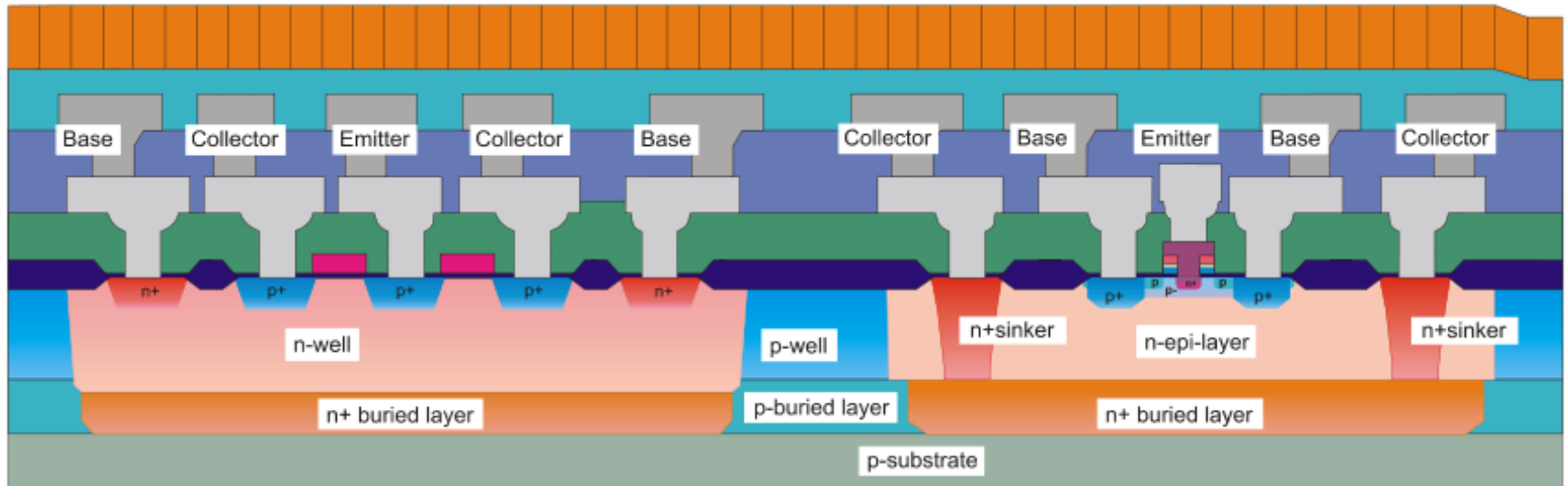
Processo CMOS



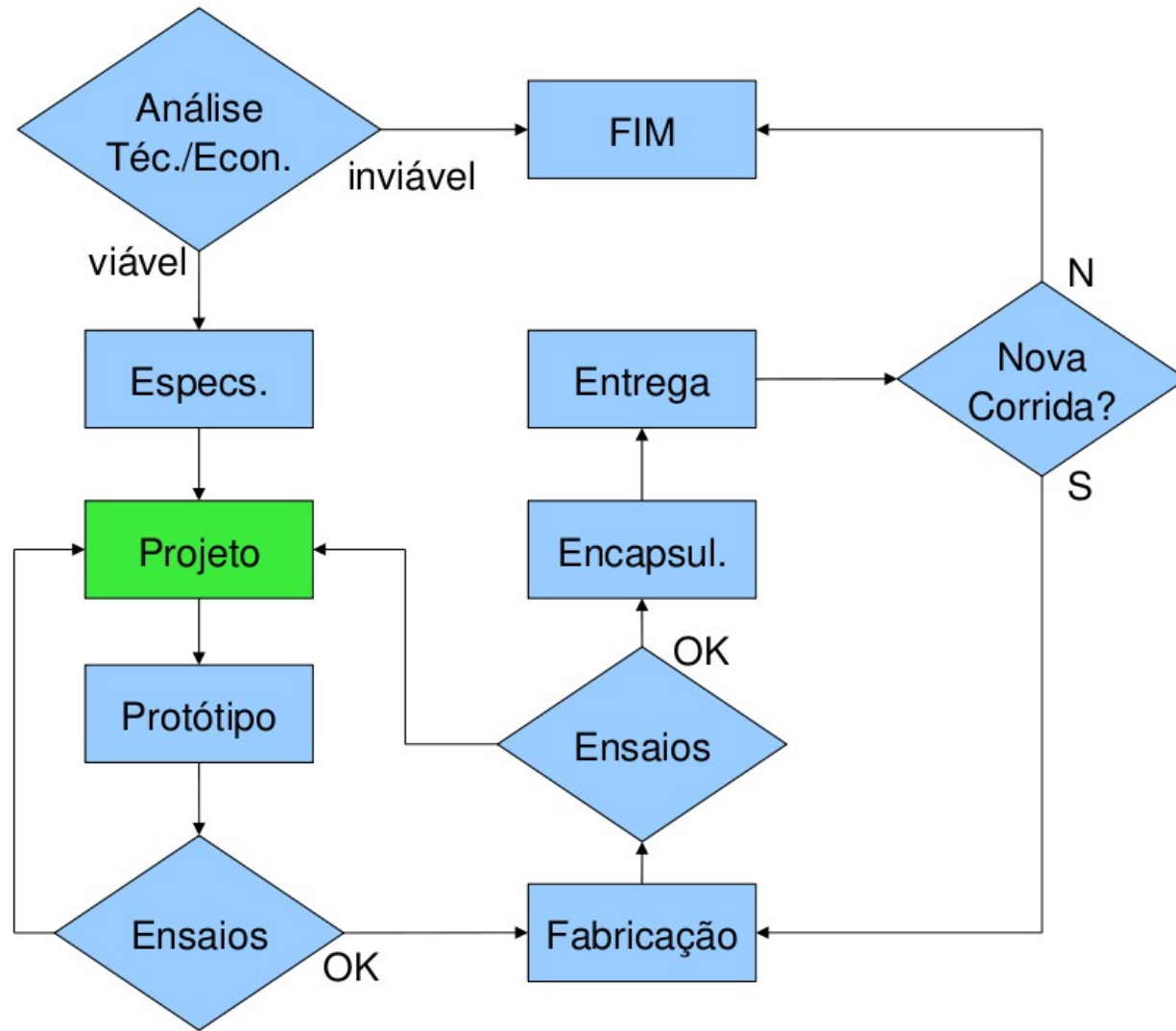
Processo Bipolar

lateral PNP

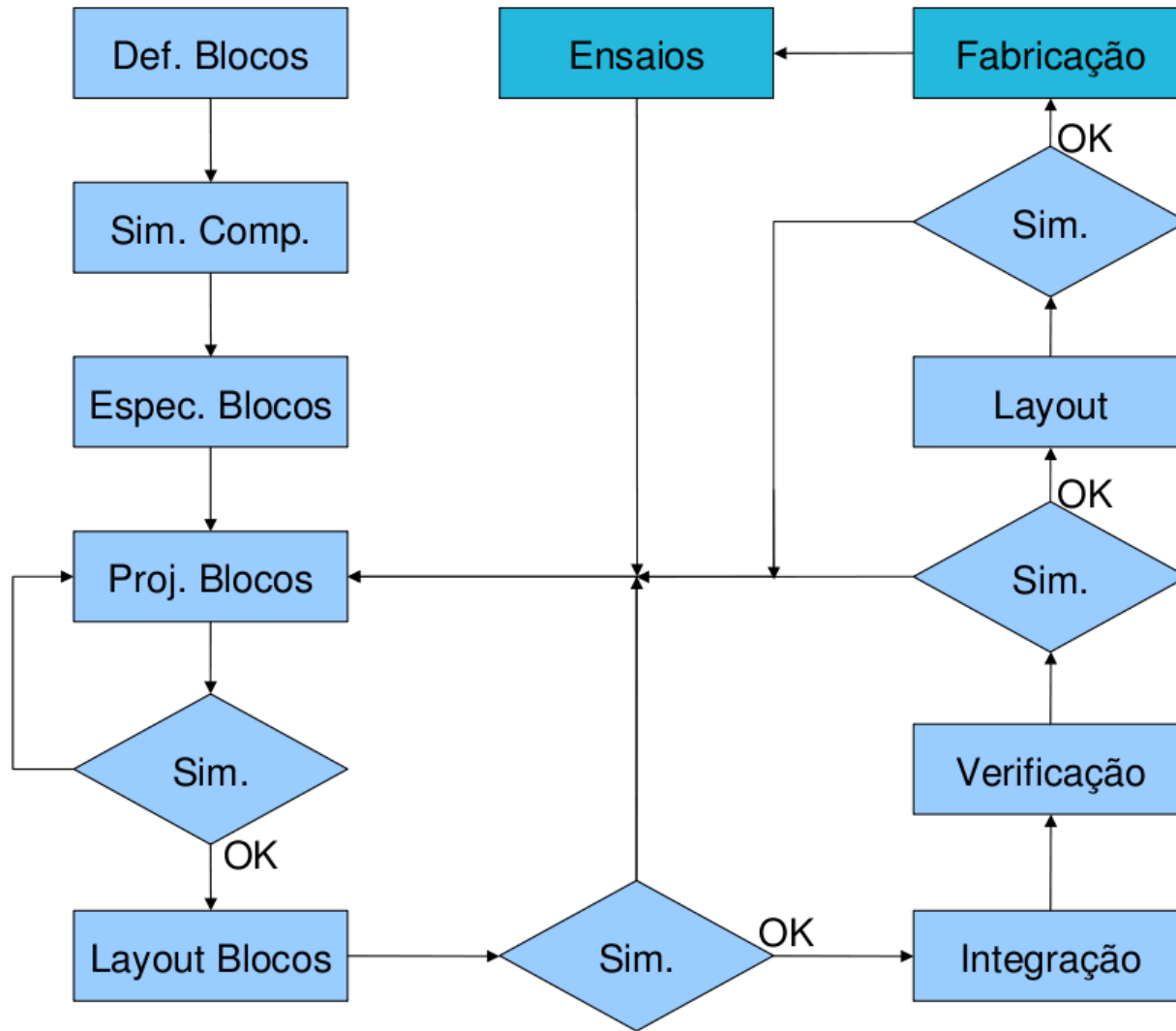
vertical NPN (with n-epi)



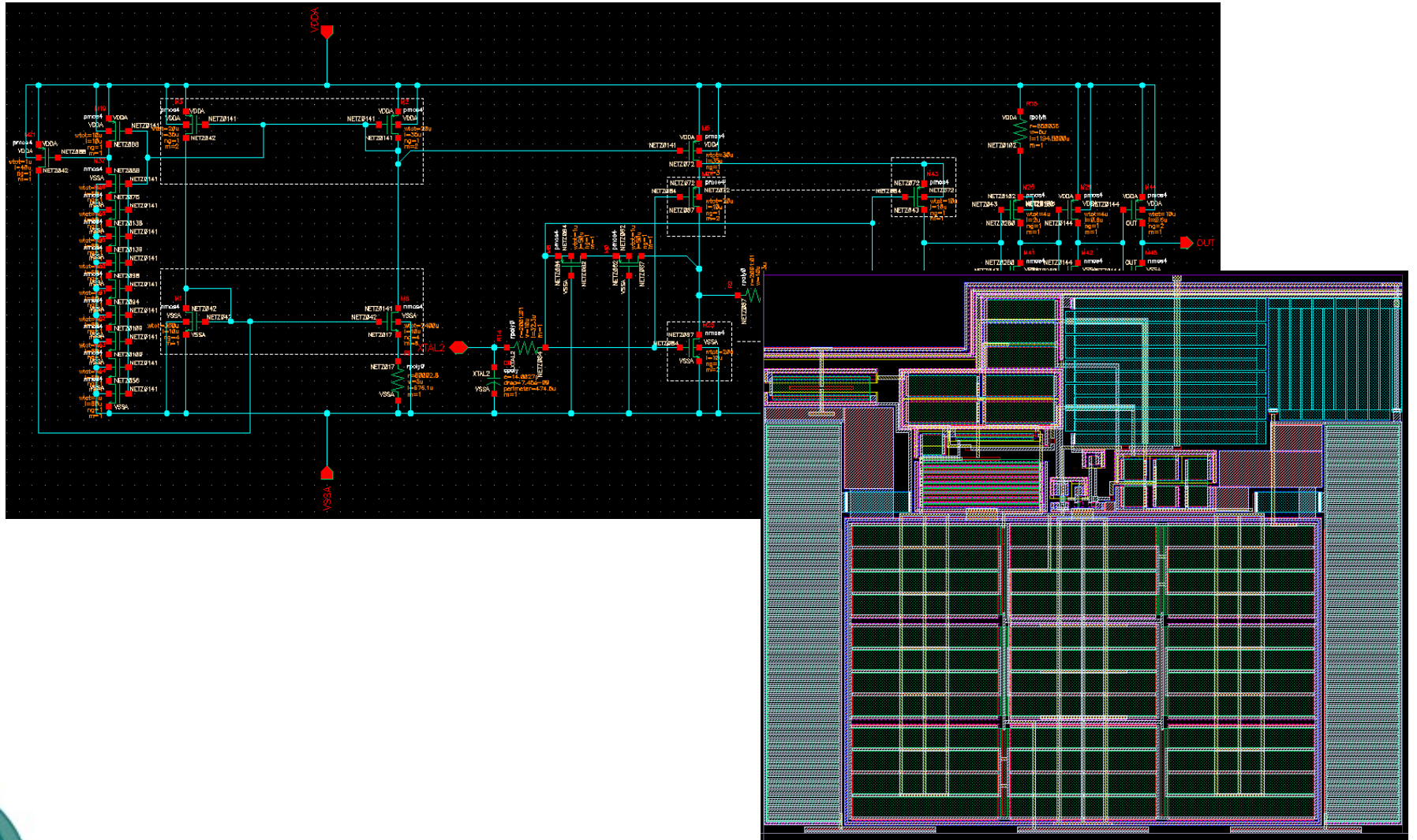
Ciclo de Projeto



Ciclo de Projeto



Esquemático → Layout



Microeletrônica no Brasil

Empresas de Microeletrônica

- ✓ Empresas c/ produto e fabricação própria (Ex. IBM)
- ✓ Empresas *pure play* (foundries): apenas fabricação, s/ produto
- ✓ Empresas *fabless*: c/ produto mas fabricação terceirizada (a maioria)
- ✓ *Design Houses*: s/ produto e s/ fabricação → desenvolvimento de projetos e IP's
- ✓ Organizadores de cadeia de produção



Programa CI-Brasil

- ✓ Tentativa de melhorar a balança comercial

Table 1

Brazil: Commercial Balance Within the Electronic Sector – 1996/2003
(In Millions USD)

Years	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Imports	6.859	7.875	7.108	6.892	9.278	8.839	5.714	5.934
Computers	1.454	1.489	1.529	1.447	1.853	1.715	1.307	1.236
Consumer Electronics	1.037	1.048	623	371	412	361	424	328
Telecommunications	2.087	2.753	2.682	2.711	3.435	3.753	1.511	1.483
Components	2.280	2.585	2.274	2.364	3.578	3.010	2.472	2.888
Integrated Circuits	810	941	867	1.060	1.568	1.445	1.231	1.454
Exports	1.049	1.199	1.189	1.445	2.492	2.571	2.403	2.377
Computers	281	268	247	337	375	293	164	211
Consumer Electronics	386	411	371	354	434	385	280	254
Telecommunications	154	288	330	494	1.311	1.552	1.547	1.548
Components	229	232	241	261	372	341	412	365
Integrated Circuits	9	8	6	6	42	53	72	32
Balance	(5.810)	(6.676)	(5.919)	(5.446)	(6.786)	(6.268)	(3.311)	(3.557)
Computers	(1.174)	(1.221)	(1.281)	(1.110)	(1.478)	(1.422)	(1.143)	(1.026)
Consumer Electronics	(651)	(637)	(252)	(17)	22	24	(145)	(74)
Telecommunications	(1.933)	(2.464)	(2.353)	(2.217)	(2.124)	(2.201)	37	66
Components	(2.052)	(2.353)	(2.033)	(2.103)	(3.206)	(2.669)	(2.060)	(2.523)
Integrated Circuits	(801)	(933)	(861)	(1.053)	(1.527)	(1.393)	(1.159)	(1.422)

Source: Secex (compiled by BNDES).



Programa CI-Brasil

- ✓ Fomentar a indústria de semicondutores no Brasil:
 - ✓ Criando mão-de-obra especializada
 - ✓ Estímulo a cursos de graduação e pós na área de microeletrônica
 - ✓ Criação de Design Houses
 - ✓ Atraindo foundries p/ se estabelecerem no país
 - ✓ CEITEC no RS
 - ✓ Isenção de impostos p/ foundries



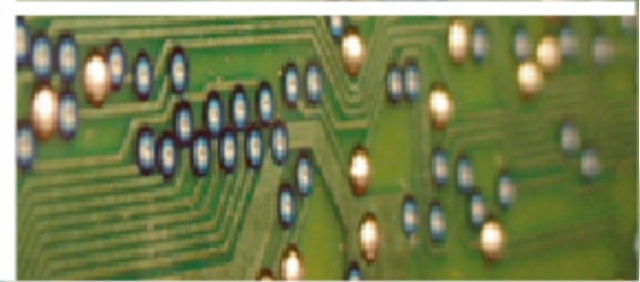
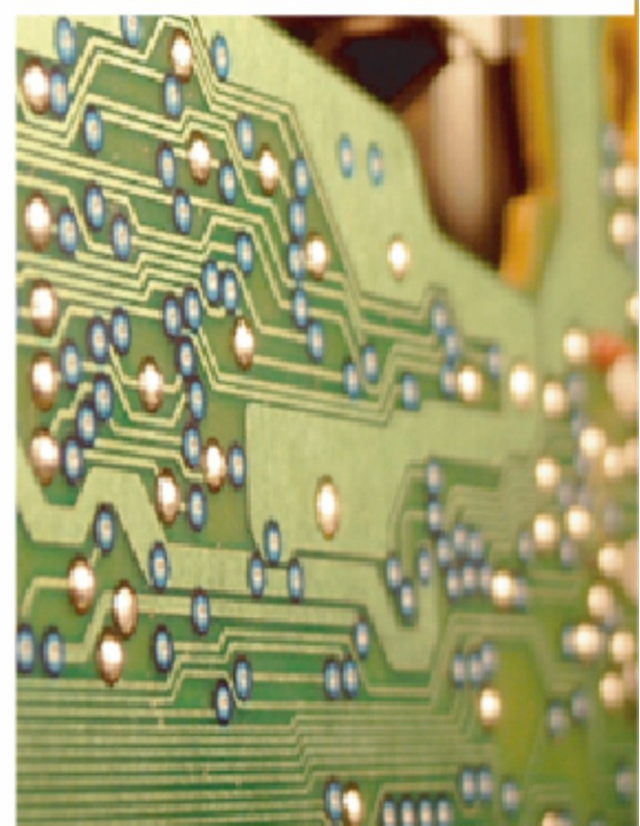


LSITEC

Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico

Innovative Solutions in Advanced Technologies

www.lsitec.org.br



Quem somos?

LSI-TEC:

- ASIC & FPGA Design House
- Cell Phone Software
- Cell Phone Testing
- Digital Certification
- Information Security and Compliance
- Instructional Technology Application for Education and Entertainment
- Media Engineering
- Microelectronics Process
- PCB Process
- Tele-health and Telemedicine advanced systems
- Virtual Reality
- Wireless and embedded technologies



Design House

- ✓ Equipe formada por ~40 profissionais em 3 escritórios;
- ✓ Experiência em projetos digitais e *mixed signal*;
- ✓ Líderes de projeto com experiência de vários anos em empresas de microeletrônica;
- ✓ Ferramentas de software fornecidas por empresas líderes no mercado;
- ✓ Fabricação em foundries certificadas.

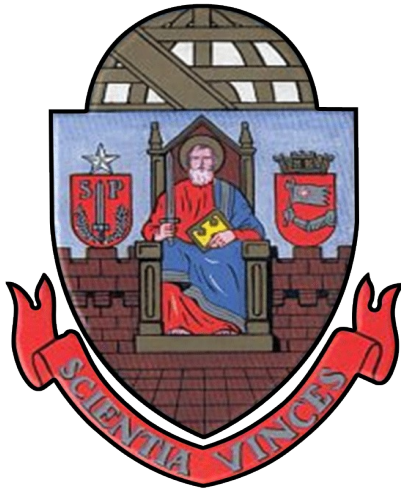


Salvador / BA

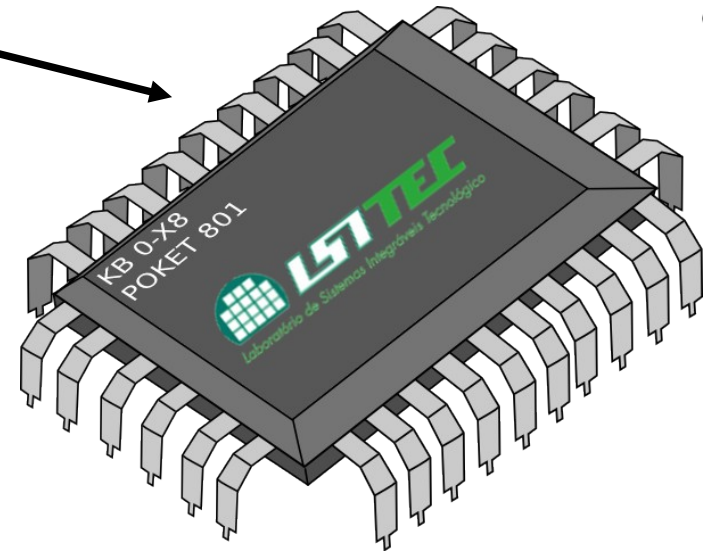
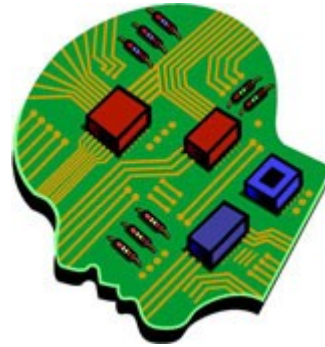
São Paulo / SP



O que fazemos?

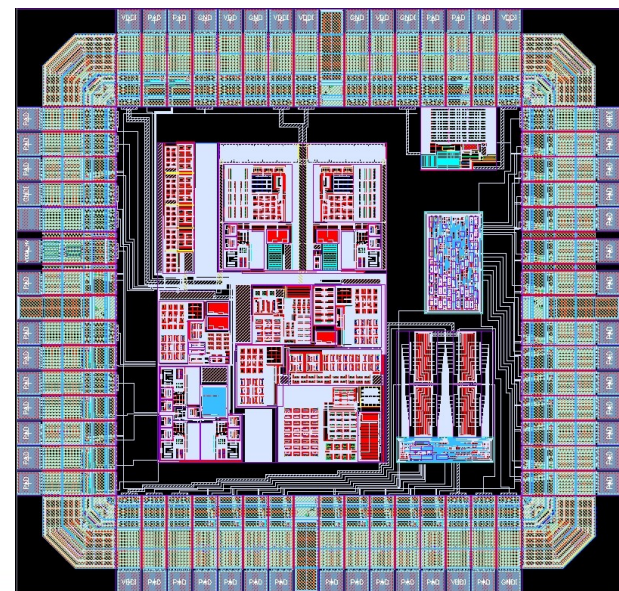
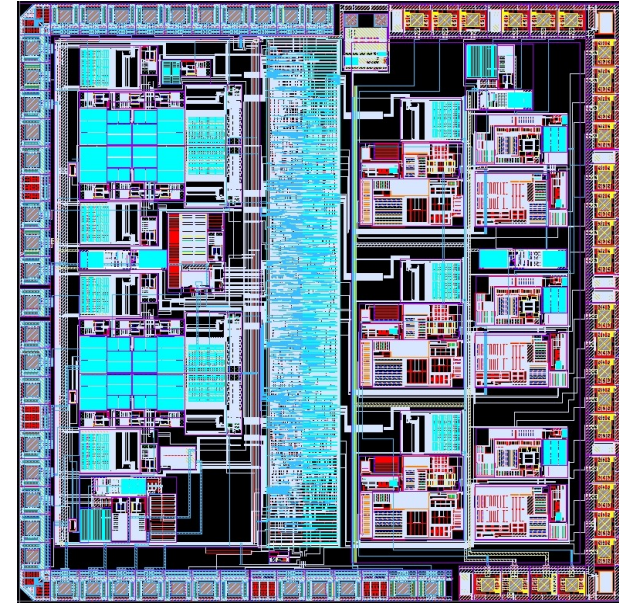
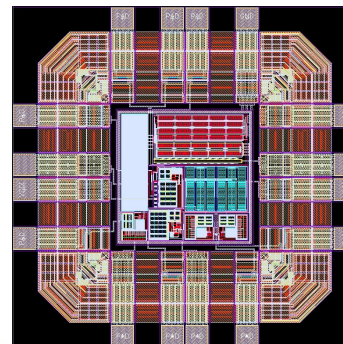
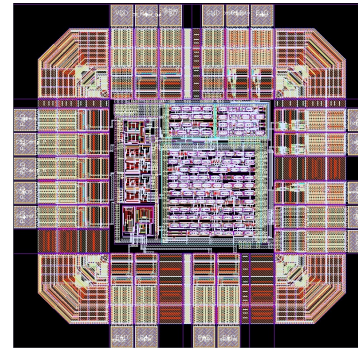
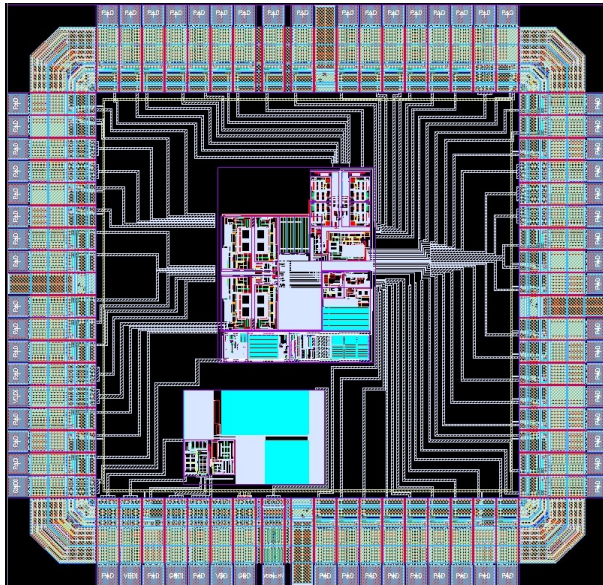


USP



O que já fizemos?

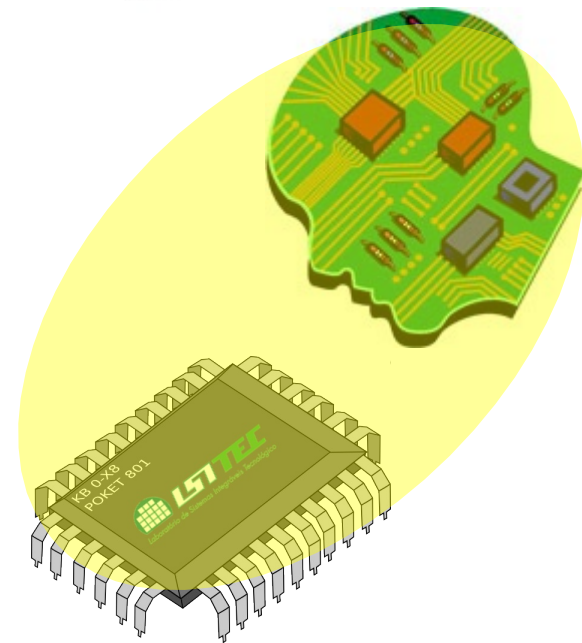
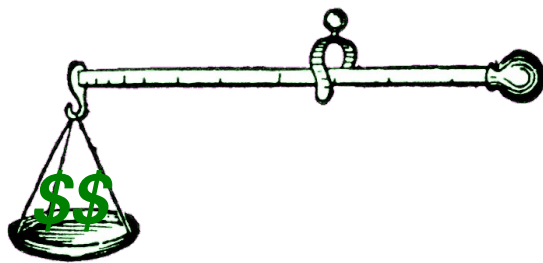
- ✓ Lógica de controle (Máquinas de estado);
- ✓ I2C, SPI, 4-20mA, outros protocolos de comunicação dedicados;
- ✓ Reguladores e blocos de referência de tensão;
- ✓ Condicionamento de sinais para sensores (diversos);
- ✓ Osciladores e filtros;
- ✓ Conversores D/A e A/D;



Em que áreas já atuamos?

- ✓ Instrumentação industrial;
- ✓ Instrumentação analítica;
- ✓ Protocolos de comunicação;
- ✓ Condicionamento de sinais cardíacos;
- ✓ Tratamento de sinais de sensores (grandezas elétricas e físico-químicas);
- ✓ Operação em diversos níveis de tensão;
- ✓ Operação em consumo extra baixo;

Nosso modelo de negócios



Ciclo do projeto

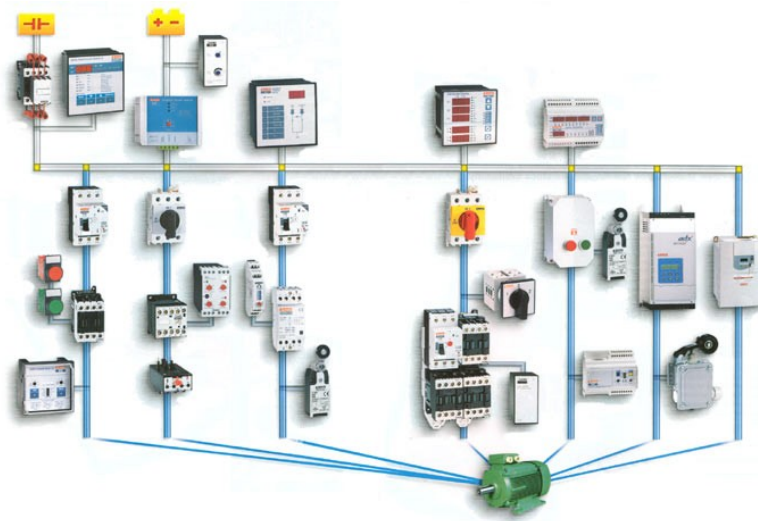
- ✓ Análise de viabilidade técnico/econômica;
- ✓ Definição de especificações técnicas;
- ✓ Projeto do chip;
- ✓ Implementação e ensaio de protótipo em Si;
- ✓ Fabricação, encapsulamento e testes;
- ✓ Entrega do produto final + documentação;
- ✓ Intermediação de novas corridas;



Microeletrônica:

Negócios na área de semicondutores

O que se pode fazer em chip?

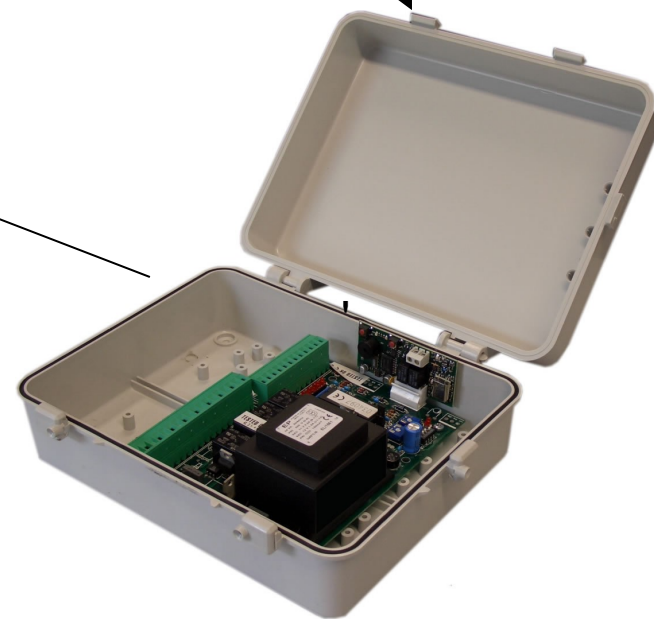
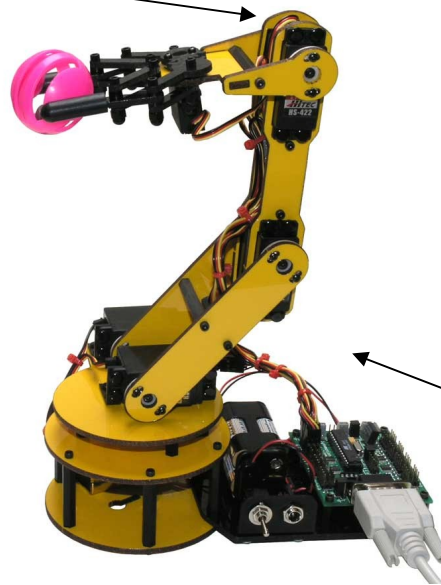
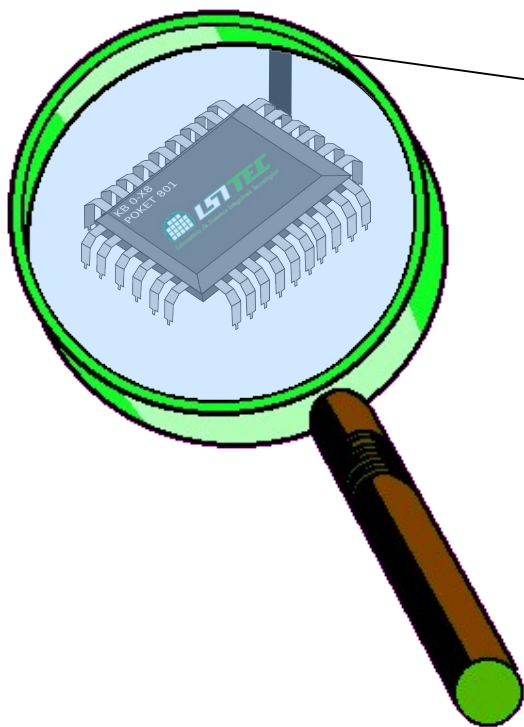


O que esperar de um chip

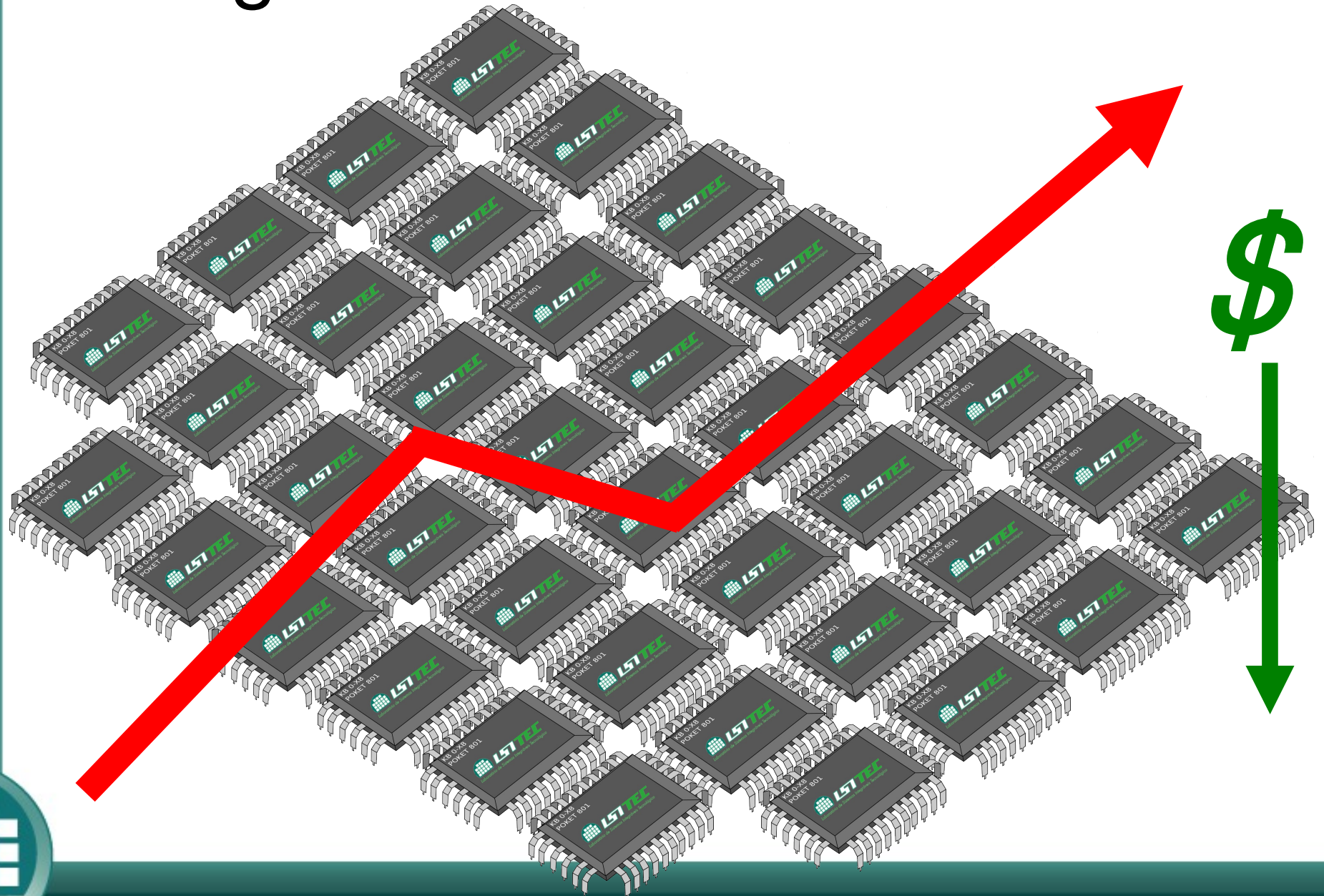
- ✓ Redução de tamanho e peso nos produtos;
- ✓ Redução de custo de manutenção e estoque;
- ✓ Vantagens da economia de escala;
- ✓ Maior valor agregado ao produto;
- ✓ Soluções customizadas;
- ✓ Solução única para uma linha de produtos;
- ✓ Proteção à propriedade intelectual e ao segredo industrial;



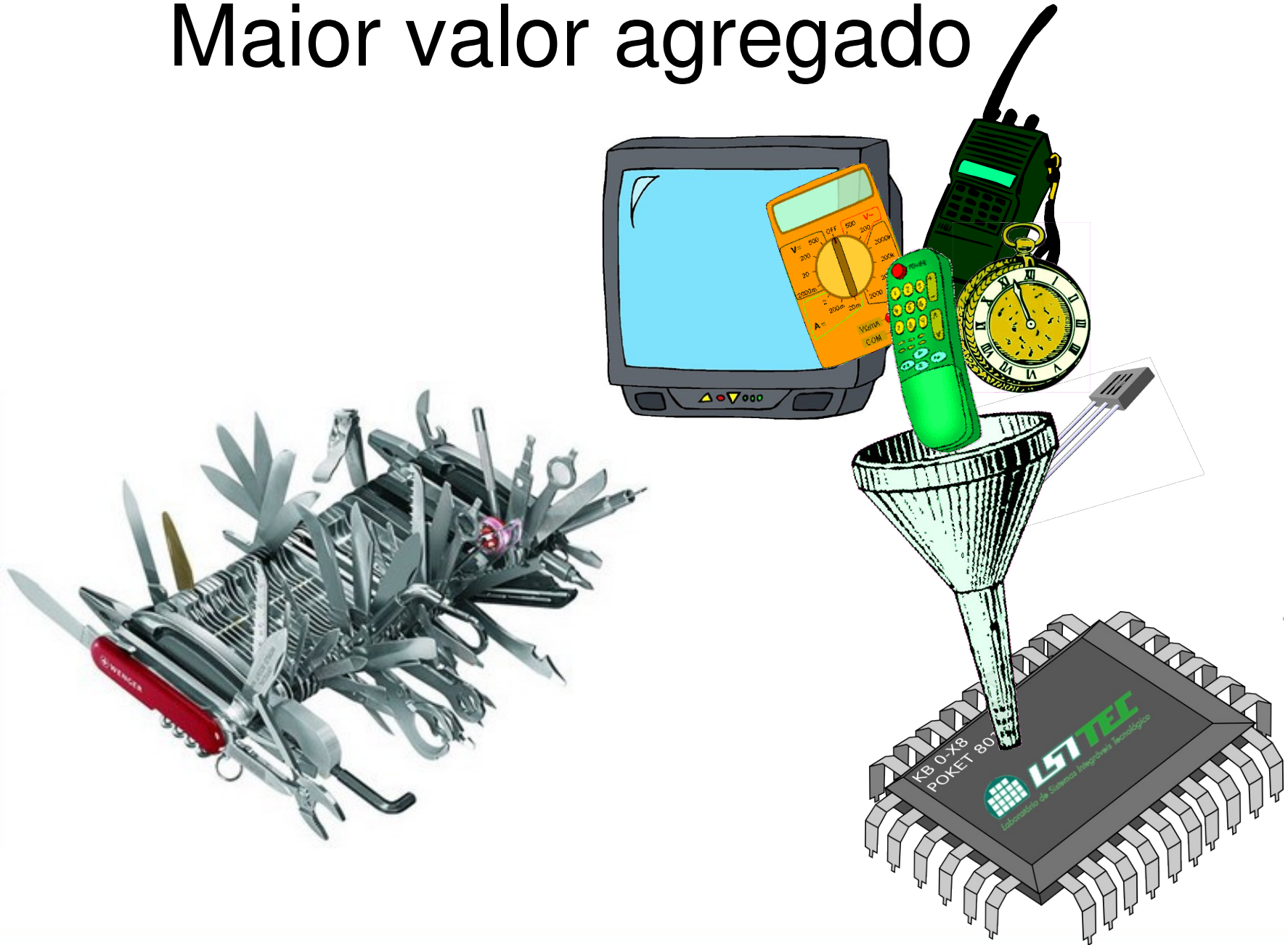
Redução de tamanho e peso dos produtos



Vantagens da economia de escala



Maior valor agregado



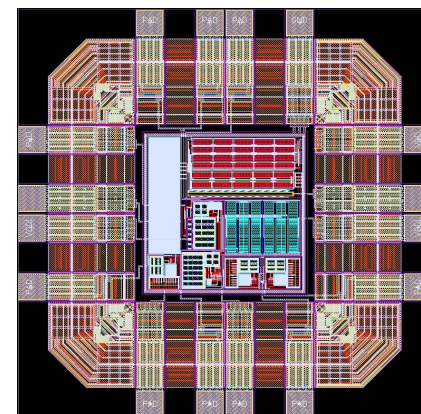
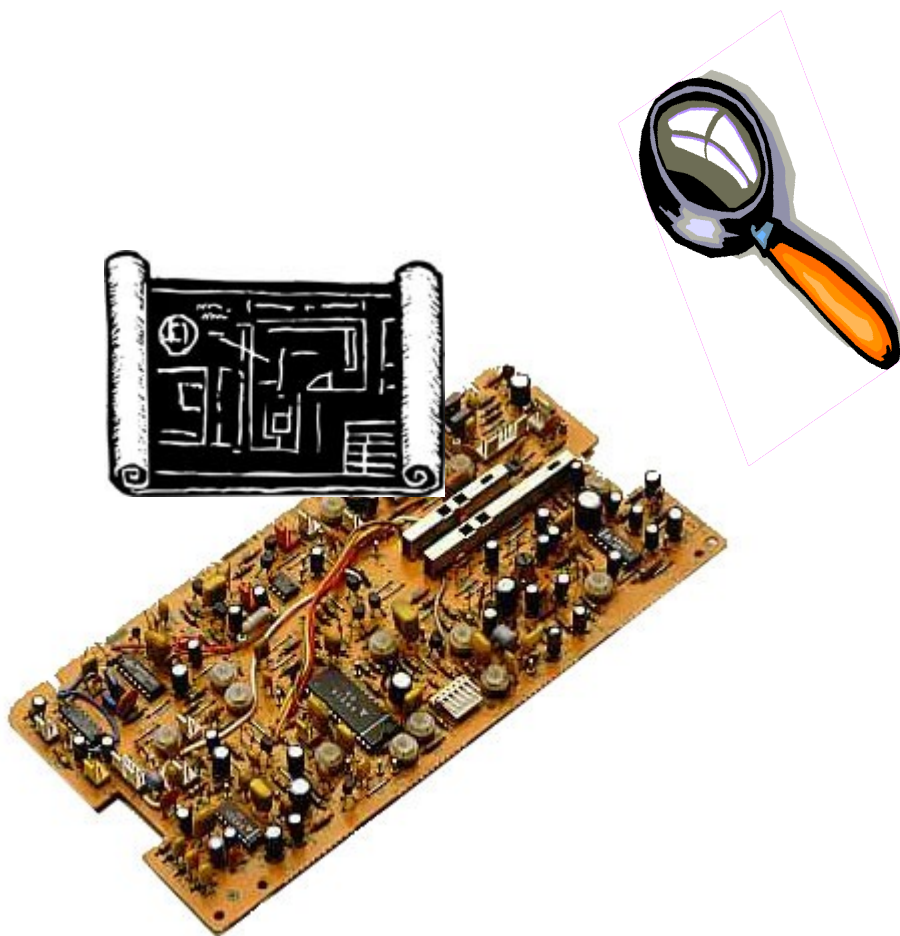
Soluções customizadas



Solução única para toda uma linha de produtos



Proteção à propriedade intelectual e ao sigilo industrial

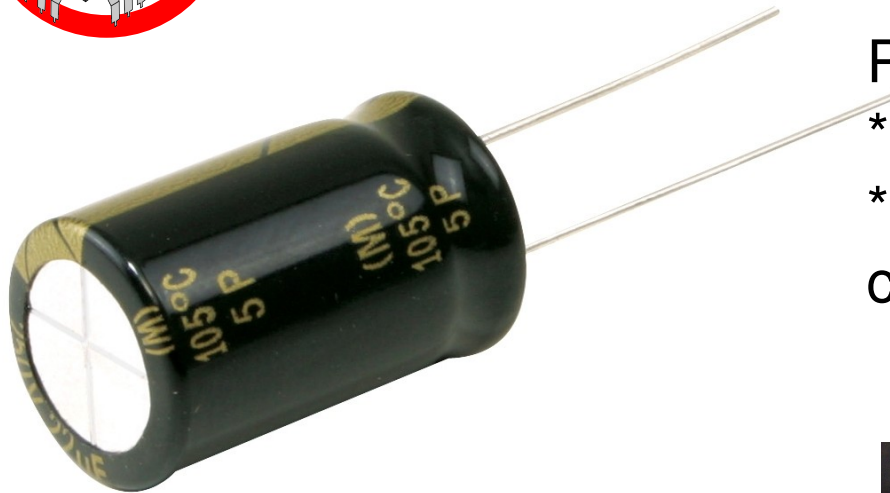
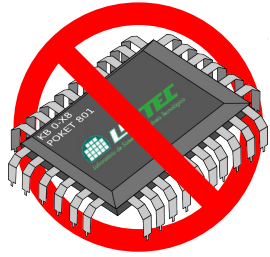


O que não esperar de um chip

- ✓ Integração de qualquer dispositivo discreto;
- ✓ Capacidade de dissipação muito alta de potência;
- ✓ Arquitetura idêntica à do circuito implementado com componentes discretos;
- ✓ Economia em lotes de pequeno volume;
- ✓ *Time to market* muito curto;

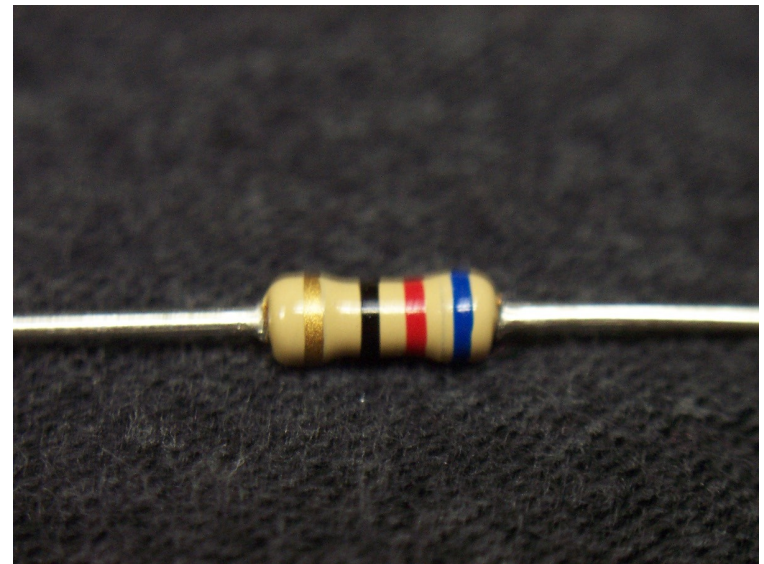
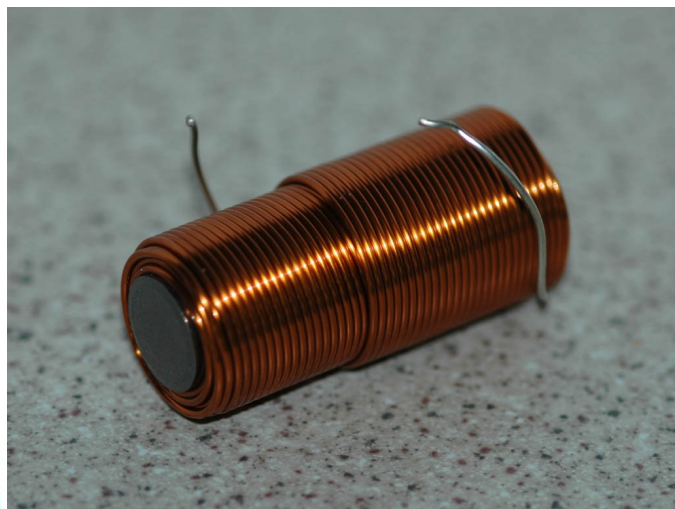


Integração de qualquer dispositivo discreto

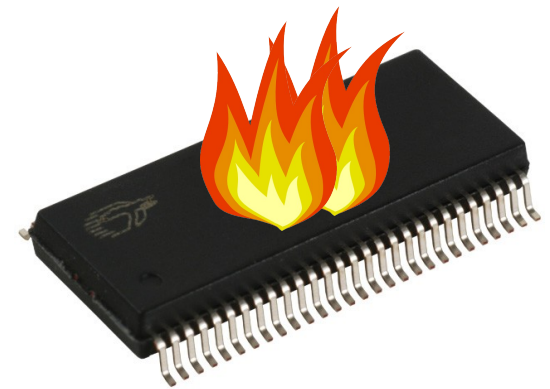
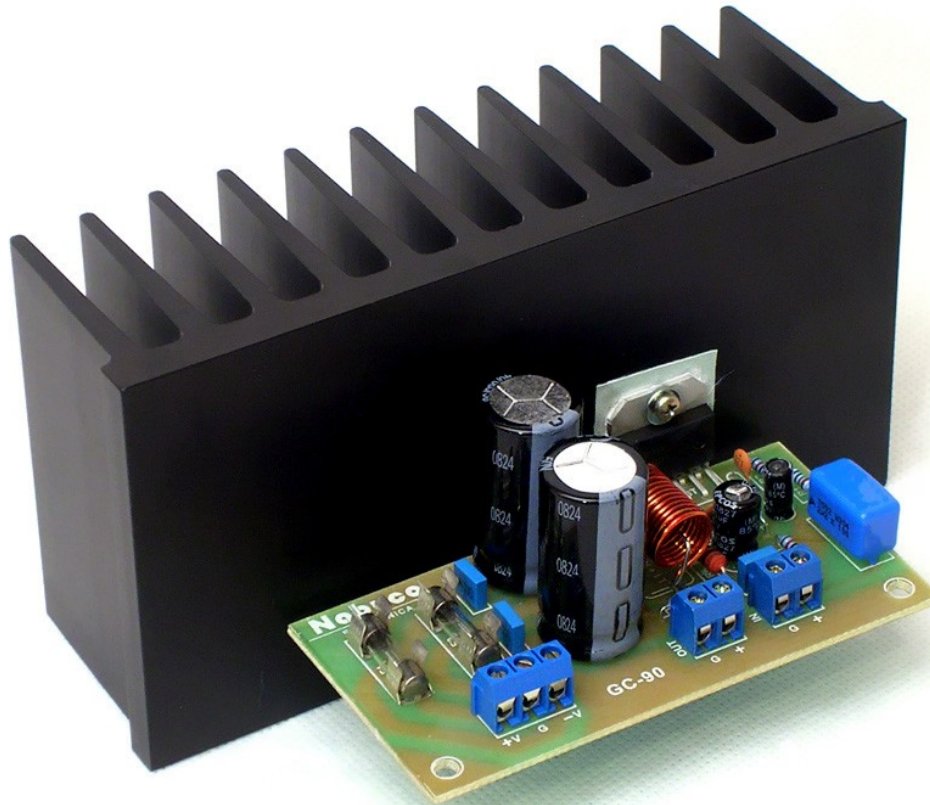
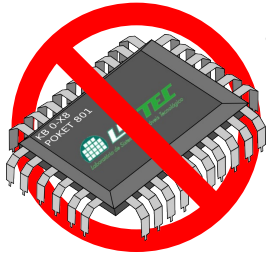


Problemas:

- * Valores elevados = maior área;
- * Menor precisão c/ relação aos componentes discretos.

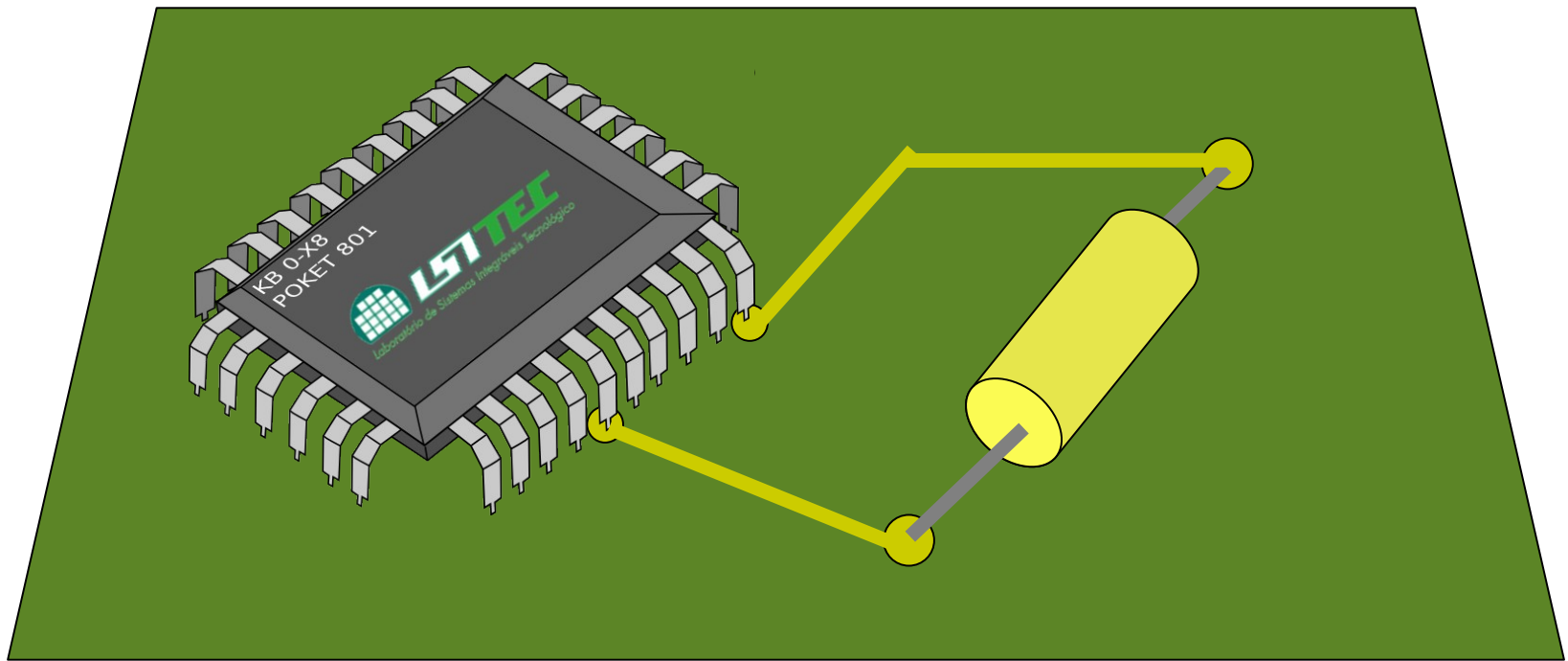


Alta capacidade de dissipação de potência

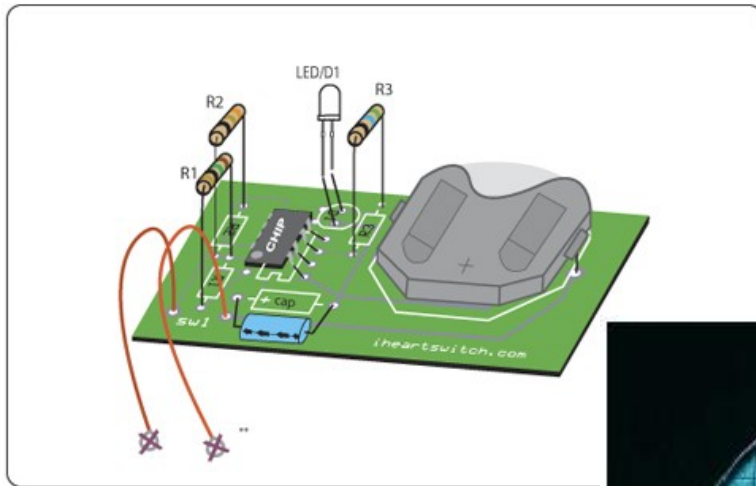


Solução para ambos os casos:

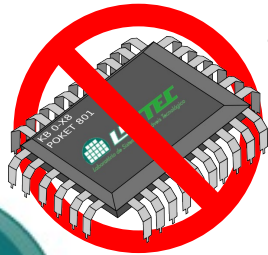
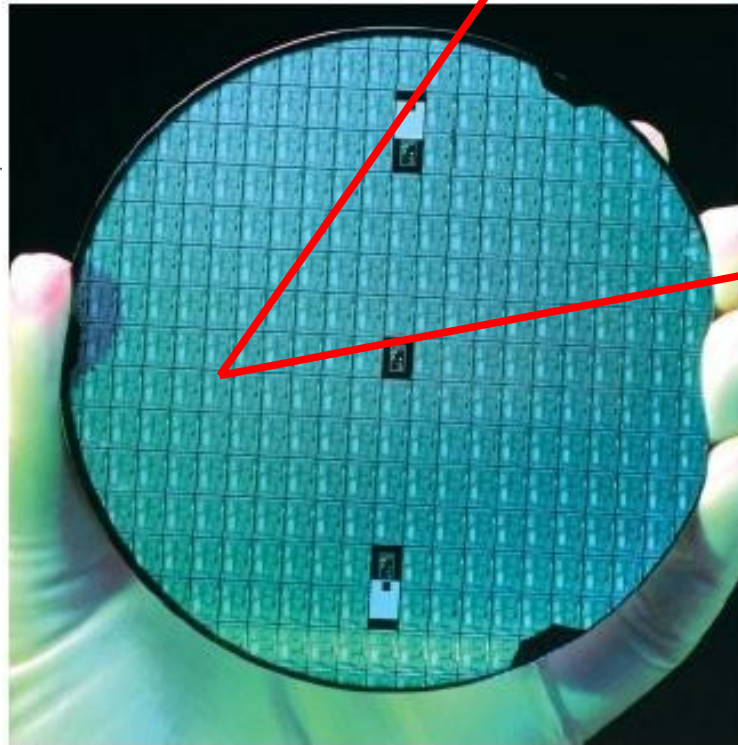
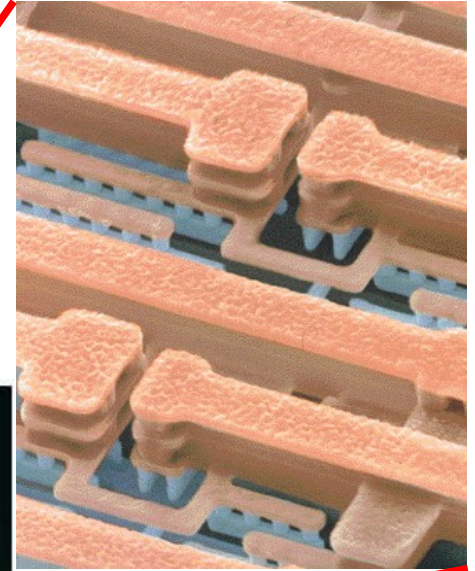
Acrescentar componentes externos ao chip.



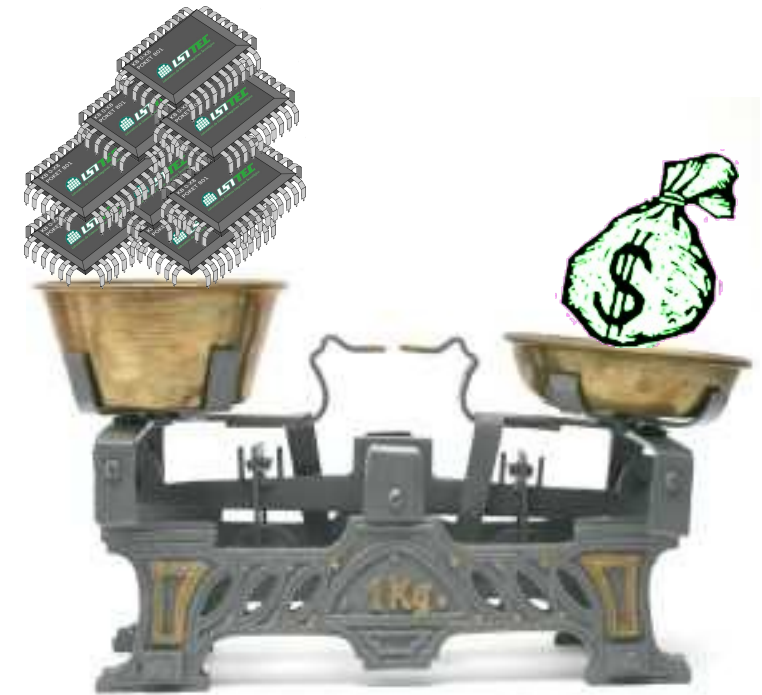
Arquiteturas idênticas



≠

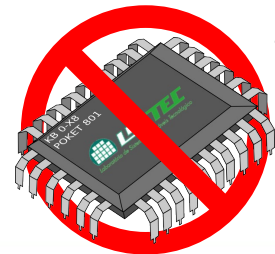
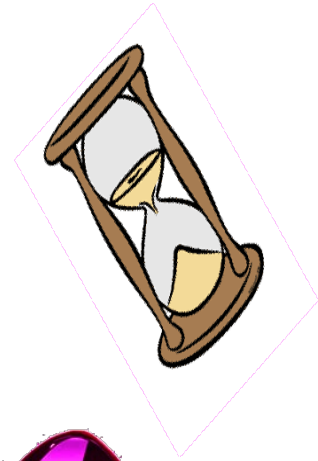


Economia em lotes pequenos

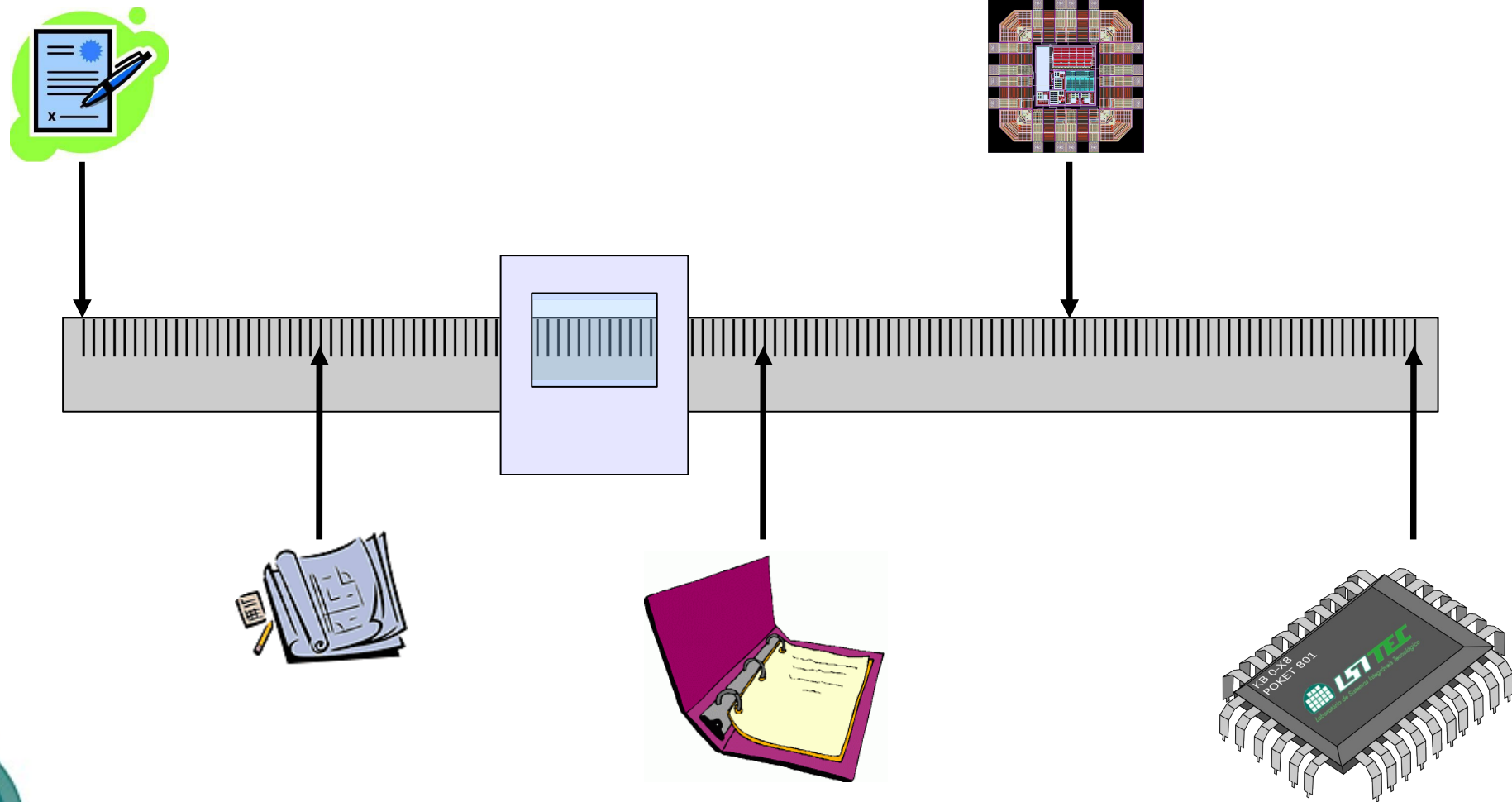


Time to market muito curto

Componentes de prateleira x Projeto customizado



Custeio do Projeto

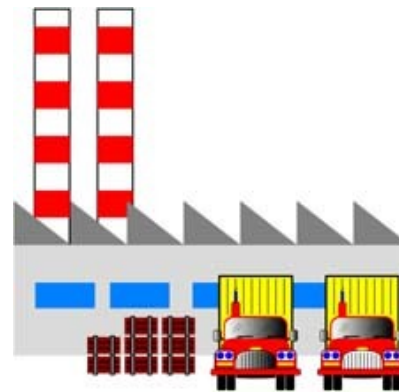


Financiamento / Subvenção

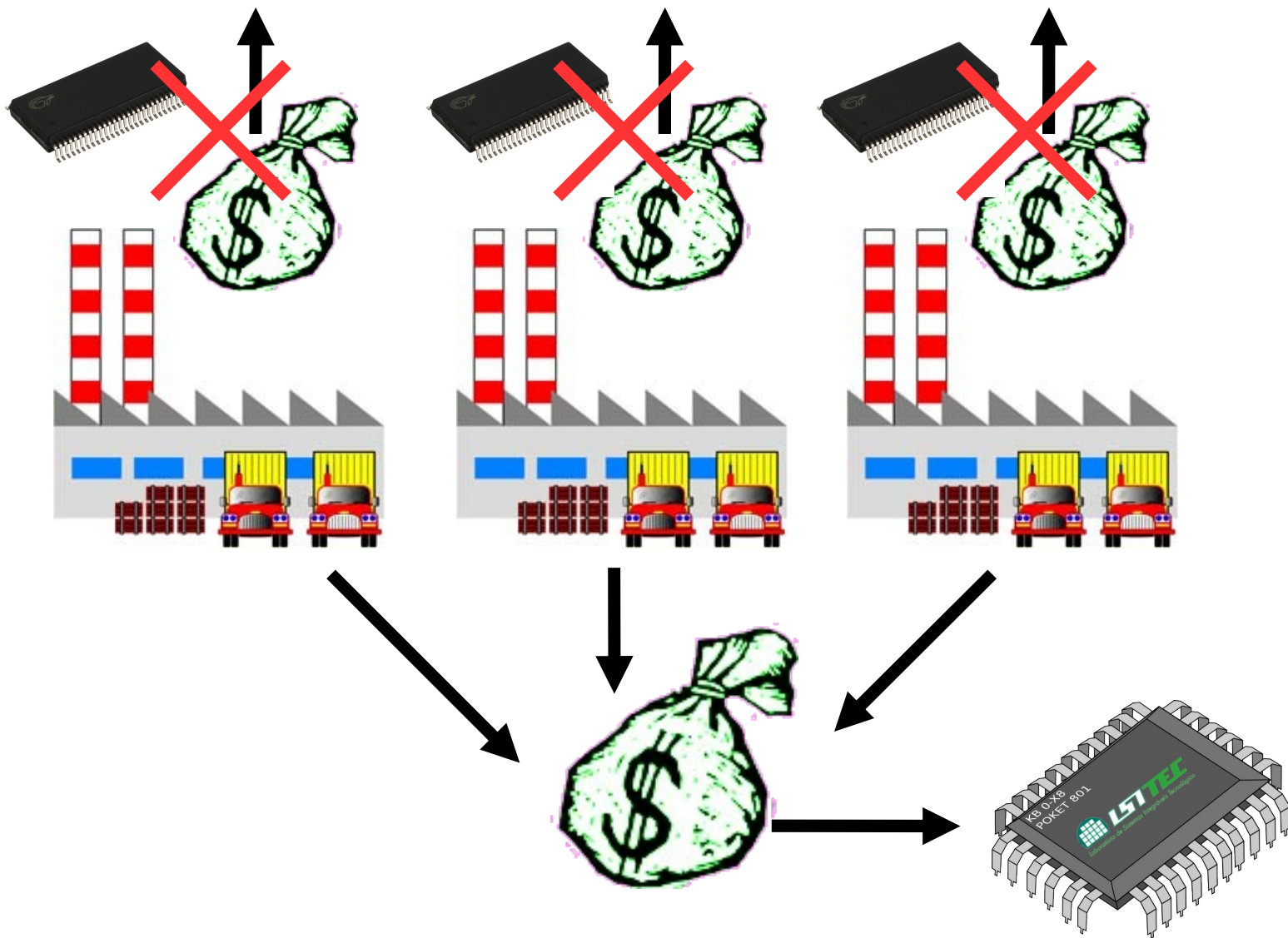


Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FINEP



Junção de empresas de um setor



Obrigado pela atenção!

Walter Santana: Gerente de Parcerias e Novos Negócios → walter.santana@lsitec.org.br
Hugo Puertas de Araújo: Coordenador Técnico → hugo.puertas@lsitec.org.br

