

**Titulo:** Viabilidade da produção de circuitos integrados em pequena escala

**Resumo:** O uso de litografias superiores a 14nm na produção de circuitos integrados pode ser uma solução para modificar a cadeia produtiva de chips atual. Núcleos computacionais da década de 1990, com litografia de 350nm, apresentavam características similares a microcontroladores utilizados atualmente em aplicações como sistemas de controle, robótica e IoT. A criação de um processo de produção de chips em até 350nm pode ser competitiva com litografias menores caso possa ser feito com equipamentos mais simples, menores e baratos, ainda que com uma taxa de falhas mais alta e uma capacidade produtiva menor.

**Introdução:** A cadeia produtiva de componentes de silício possui pouquíssimos fabricantes quando comparada com quaisquer outros setores de produção industrial. Isso pode ser explicado pelo enorme investimento necessário para criar e manter uma planta industrial de produção de chips, assim como pela burocracia e complexidade inerente à existência de tais empreendimentos. Esse arranjo, embora seja ótimo do ponto de vista da obtenção de um preço muito baixo devido à escala em que os chips são produzidos, está sujeito por outro lado a uma competição muito baixa, o que reduz a tendência de queda nos preços, e também pode levar a uma queda de produção abrupta no mercado em caso de crises, o que leva outros setores diretamente dependentes dessa tecnologia a reduzirem também sua produção, levando a uma escassez mais ampla de produtos assim como um aumento generalizado de preços. Como forma de reduzir o impacto de crises nesse setor, surge a proposta de descentralizar a produção, fazendo com que a presença de mais participantes, que arcarão com investimentos e custos menores, torne a cadeia de produção um pouco mais tolerante a falhas.

Diante de tal proposta, cabe sondar as maneiras de simplificar o processo de produção de componentes de silício e os parâmetros de produção que serão comprometidos para que seja possível criar um método implementável. O primeiro parâmetro de interesse é a litografia. A litografia é o grau de miniaturização do circuito, sendo hoje a litografia de ponta mais comum a de 7nm, embora já seja possível fabricar chips de 5nm. Para aplicações simples de controle, presentes nos eletrodomésticos e carros dentre outros produtos, chips de até 350nm como o AMD K5, produzido na década de 1990, já apresentavam clock e memórias bastante similares a microcontroladores utilizados atualmente neste contexto, como o núcleo ARM Cortex M0. Por conta dessa similaridade, o estudo presente estabelece como critério de aceitação o limite máximo de 350nm, para que aplicações de mais baixo nível, como controle, robótica e IoT possam ser contempladas, o que já resolveria grande parte da escassez relacionada aos setores industriais dependentes de chips.

**Perguntas de partida:**

- Qual a litografia limite possível de ser obtida?
- Qual o nível de erros inerentes ao processo, medido em cm<sup>2</sup> de silício com falhas?
- Qual a taxa de produção máxima, medido em cm<sup>2</sup> de silício por hora?

**Hipóteses:**

**Objetivos:**

- Determinar se existe um método viável ou não de produção de circuitos em uma litografia máxima de 350nm. Como processadores produzidos nessa escala já eram capazes de alcançar uma eficiência computacional similar a microcontroladores atuais utilizados em aplicações como controle, robótica e IoT, então sugere-se que esse será o limite máximo adequado para que possamos manter um nível razoável de miniaturização sem precisar recorrer a litografias ainda maiores, como circuitos de portas lógicas, o que aumentaria significativamente o tamanho de qualquer dispositivo atual ao substituir um processador de chip único com um circuito de portas lógicas montado em PCB. No entanto, é importante ressaltar que a produção com litografias maiores ainda assim teria alguns nichos de aplicação, como na aprendizagem e prototipagem de circuitos. A produção de circuitos integrados próprios por parte de uma instituição de ensino poderia prover alunos, professores e pesquisadores com material didático de laboratório e também com peças de prototipagem de circuitos, caso não seja possível por questões de tempo ou de custo produzir o circuito em um CI.

**Materiais e Métodos:**

- Fluidized bed reactor
- float zone process
- siemens process
- arc furnace com eletrodos de grafite para solda
- Homemade Michelson Interferometer - USP - <https://www.youtube.com/watch?v=-SZSkIcEyCI>
- chemical vapor deposition
- molecular beam epitaxy
- maskless photolithography