



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ - UNIFESSPA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIAS - IGE**  
**FACULDADE DE COMPUTAÇÃO E ENG. ELÉTRICA – FACEEL**  
**CURSO ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

# Microeletrônica

Prof. José Carlos Da Silva

[jcdsilv@hotmail.com](mailto:jcdsilv@hotmail.com)

[jose-carlos.silva@unifesspa.edu.br](mailto:jose-carlos.silva@unifesspa.edu.br)

whatsApp: 19-993960156

## Março/2022

# Conteúdo

- Introdução;
- Processo de fabricação de CI-CMOS;
- Introdução ao desenvolvimento de fabricação de máscaras de CI (Layout – CI);
- **Introdução a ferramenta “*Eletric*” como ferramenta para desenvolvimento de máscaras de CI (Layout – CI).**

# Introdução

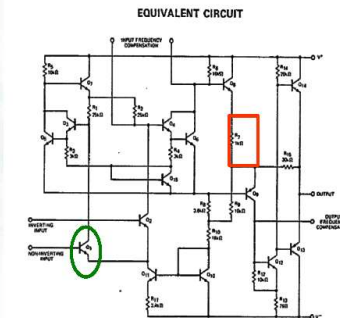
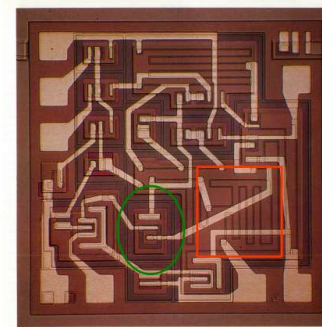
## Vacuum Tube Op-Amps

- First op amps built in 1930's-1940's
  - Technically feedback amplifiers due to only having one useable input
- Used in WWII to help how to strike military targets
  - Buffers, summers, differentiators, inverters
- Took  $\pm 300V$  to  $\pm 100V$  to power

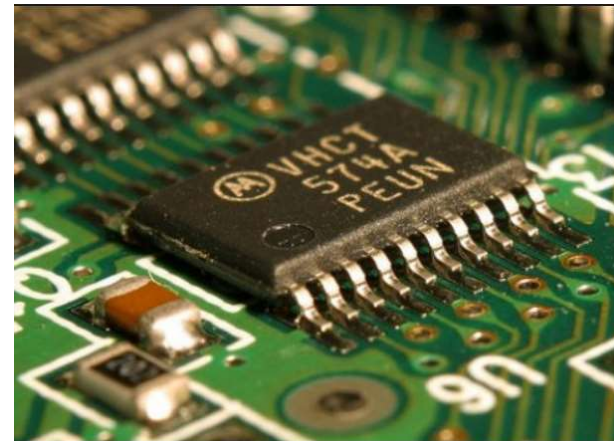
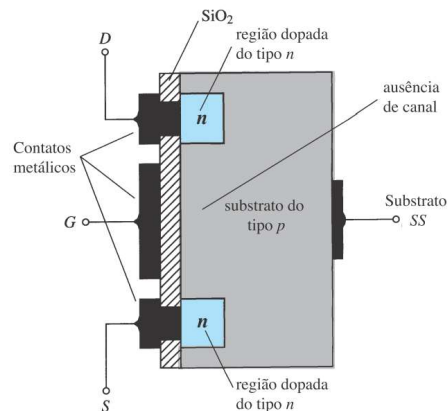


[http://en.wikipedia.org/wiki/Image:K2-W\\_vacuum\\_tube\\_op-amp.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:K2-W_vacuum_tube_op-amp.jpg)

## (Exemplos de AmpOp - 1964 - Op-Amp A702, Fairchild)



Referência: Notas de Aulas do Prof. Wilhelmus Van Noije



# Processo de fabricação de circuitos integrados (CMOS)

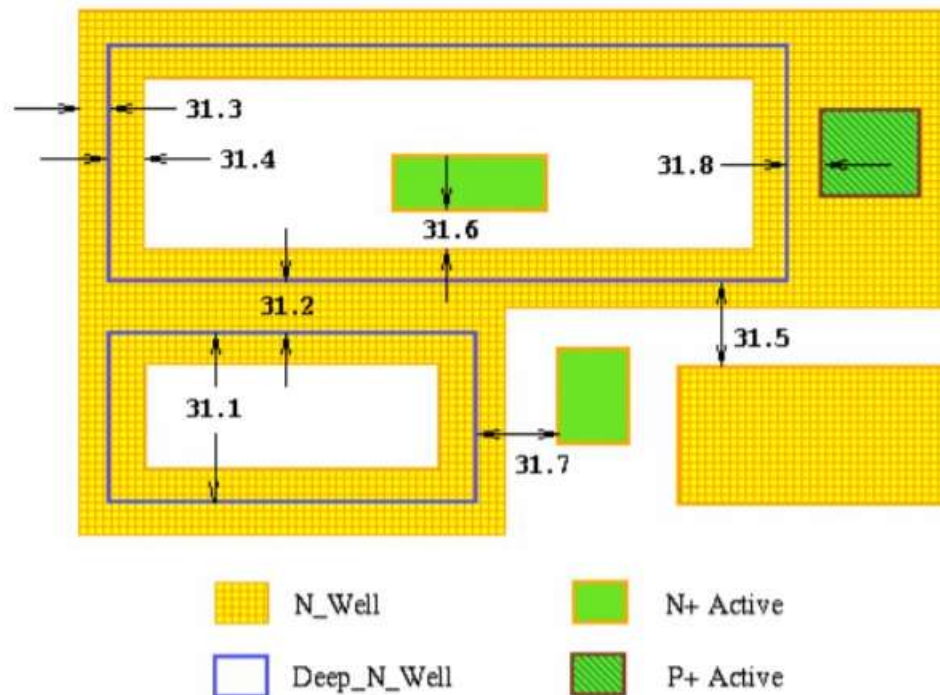
## Design → Layout

- Library:
  - Design:
    - Esquemático:
    - NODES (Resistores, Transistores, Capacitores, Indutores);
    - ARCS (Wire, Fios, Metais);
    - CHECKS:
      - DRC
    - Simulações.
  - Layout
    - Confecção das Máscaras:
    - NODES (Resistores, Transistores, Capacitores, Indutores);
    - ARCS (Wire, Fios, Metais);
    - CHECKS:
      - DRC
      - LVS
  - Simulações;
  - GDS II.

# Processo de fabricação de circuitos integrados (CMOS)

Design → Layout

- DRC:
  - Verificação ou check das regras de projetos:

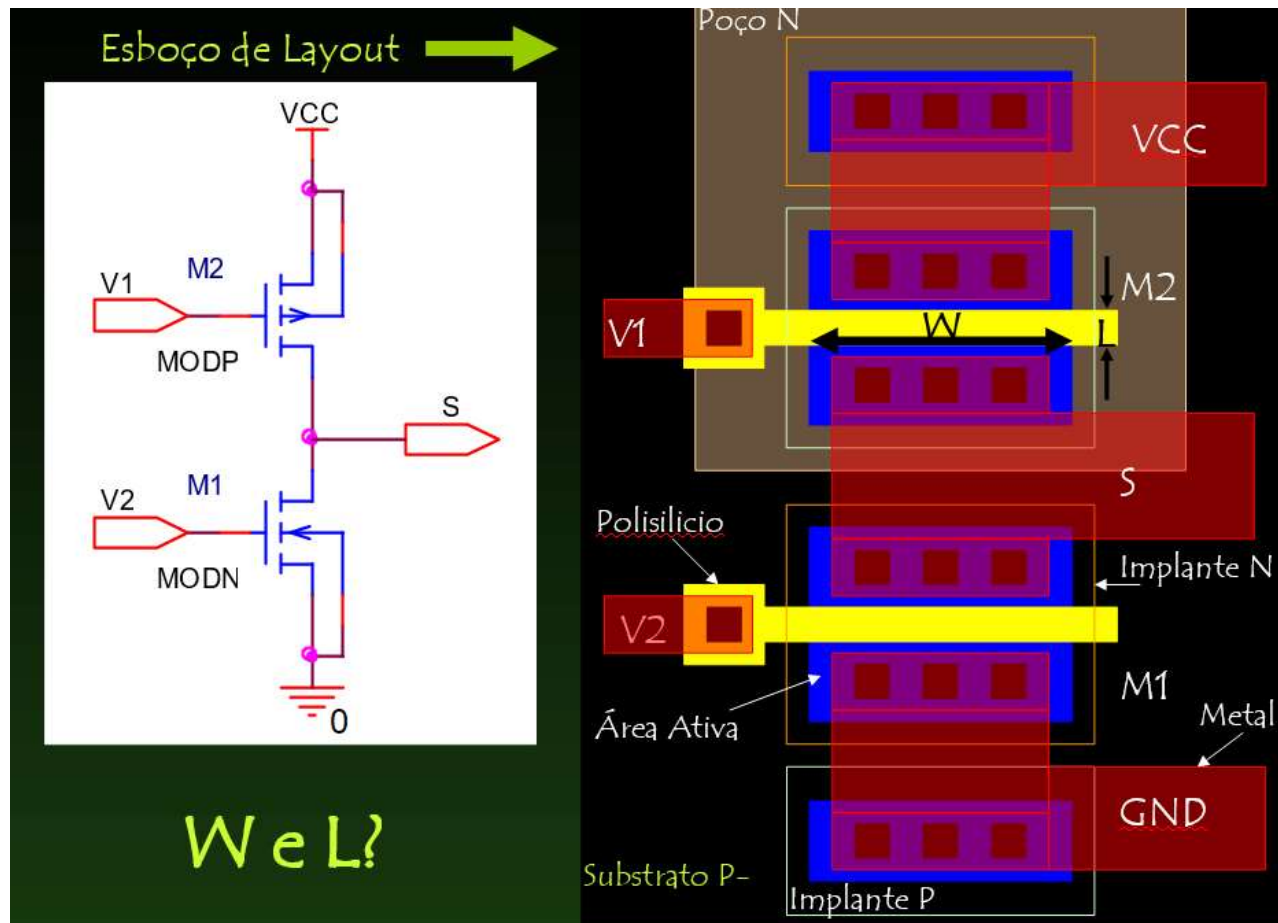


# Processo de fabricação de circuitos integrados (CMOS)

## Design → Layout

- LVS:

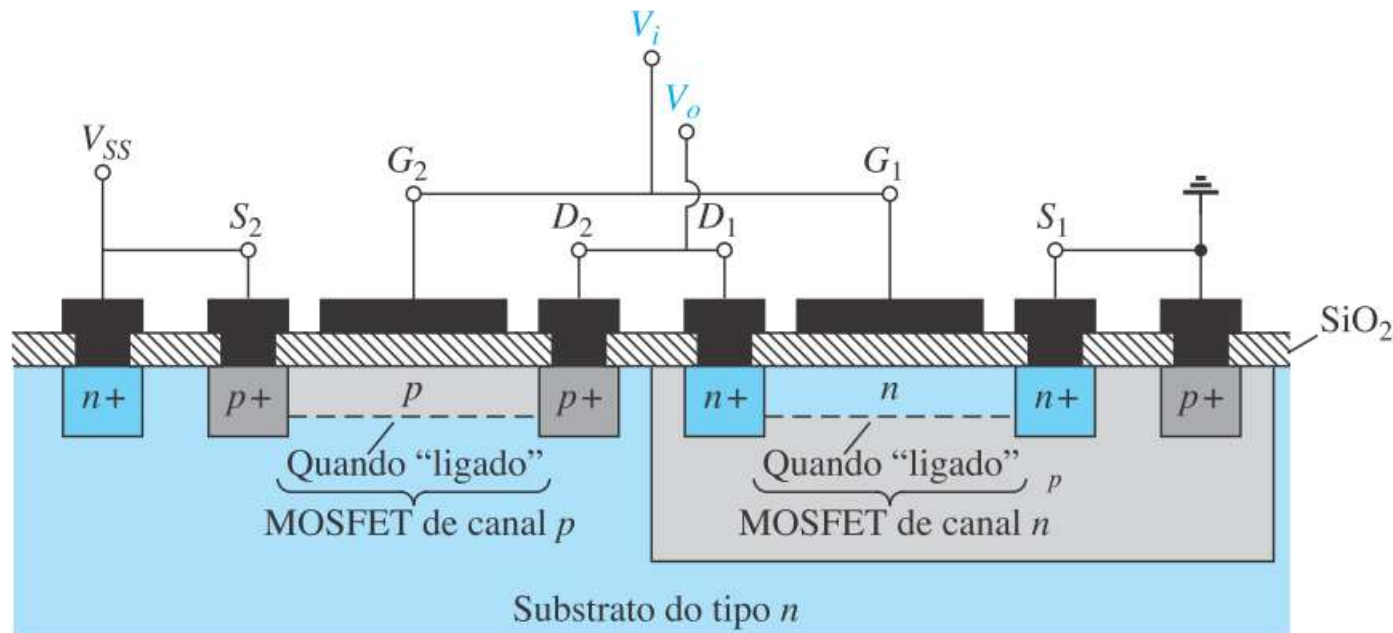
- Verificação através da comparação entre o layout x Esquemático:



# Processo de fabricação de circuitos integrados (CMOS)

Design → Layout

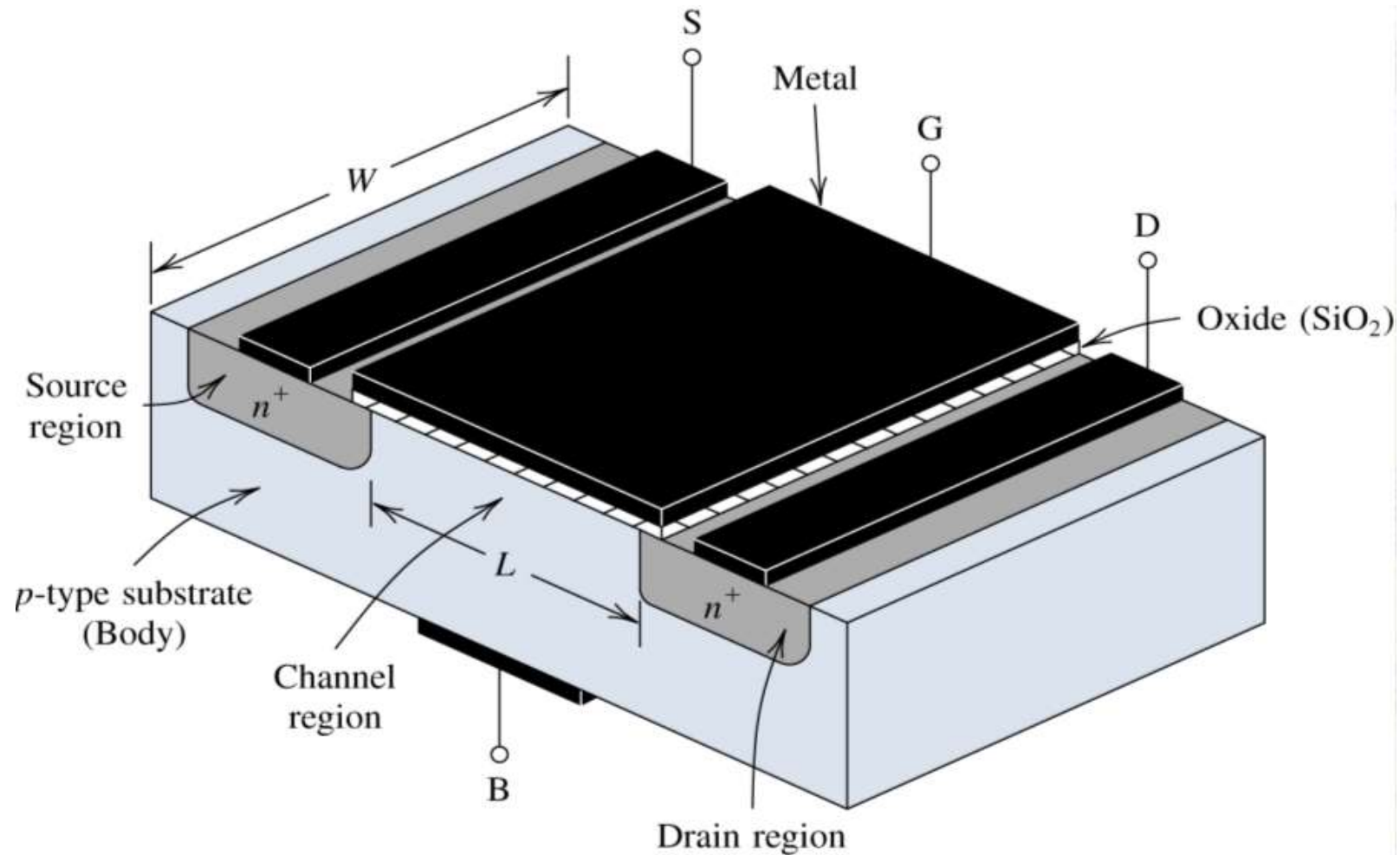
- CMOS:



# Processo de fabricação de circuitos integrados (CMOS)

Design → Layout

- CMOS:

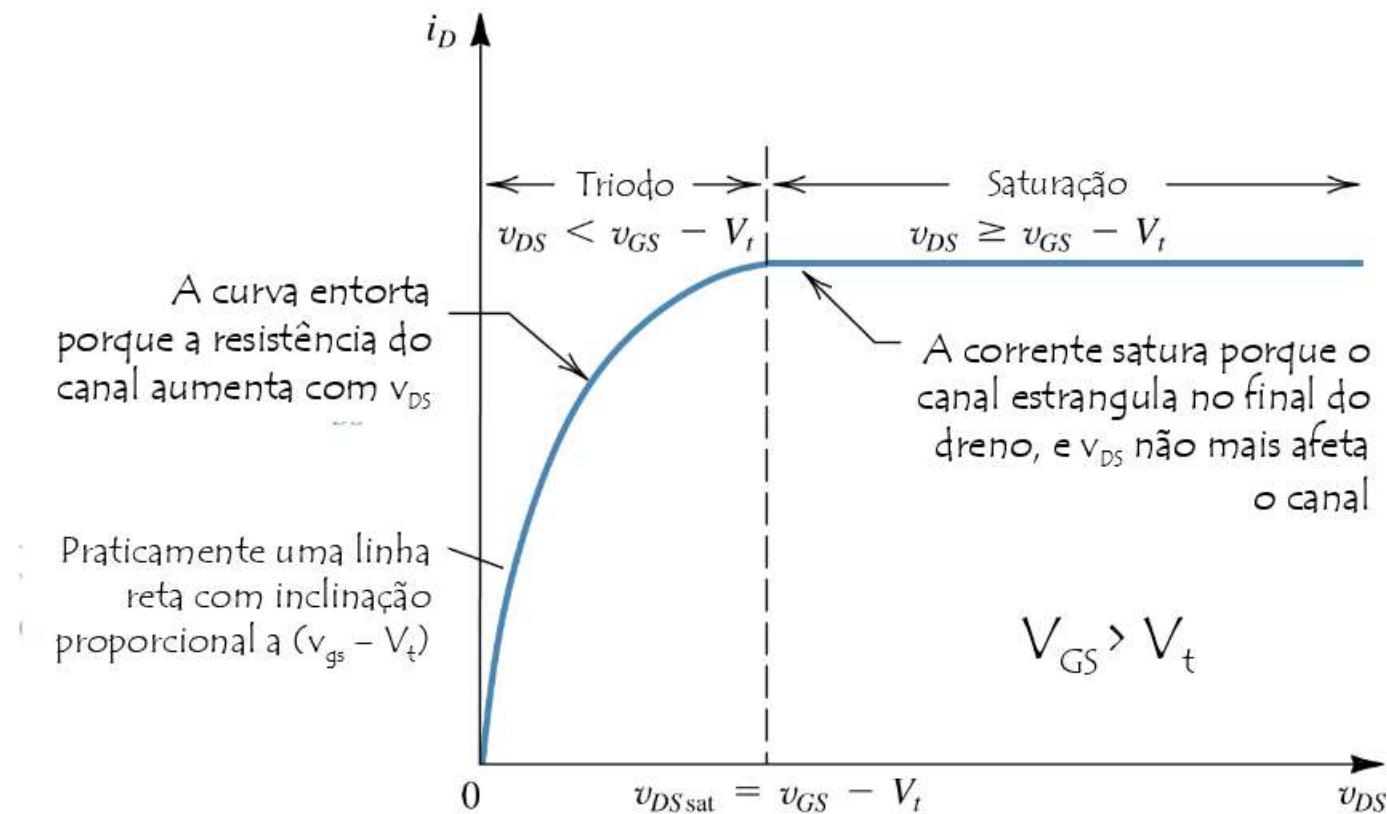




# Processo de fabricação de circuitos integrados (CMOS)

Design → Layout

$I_D$  versus  $V_{DS}$  – Transistor NMOS



# Processo de fabricação de circuitos integrados (CMOS)

Design → Layout

## Relação $I_D - V_{DS}$

Região Triodo:

$$i_D = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \left[ (v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{1}{2} v_{DS}^2 \right]$$

Região de Saturação:

$$i_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t)^2$$

$$k'_n = \mu_n C_{ox}$$

Parâmetro de transcondutância do processo

# Processo de fabricação de circuitos integrados (CMOS)

## Design → Layout

- TUTORIAL:
  - [http://cmosedu.com/cmos1/electric/electric\\_install.htm](http://cmosedu.com/cmos1/electric/electric_install.htm)
  - Setar Ferramenta (Electric x LTSPICE)
    - [http://cmosedu.com/cmos1/ltspice/ltspice\\_electric.htm](http://cmosedu.com/cmos1/ltspice/ltspice_electric.htm)
  - Design e Layout
    - [http://cmosedu.com/videos/electric/tutorial2/electric\\_tutorial\\_2.htm](http://cmosedu.com/videos/electric/tutorial2/electric_tutorial_2.htm)

# Referencias

- <http://www4.pucsp.br/~elo2eng/Processo%20de%20fabricacao%20de%20dispositivos.pdf>;
- [http://gnmd.webgrupos.com.br/arquivo\\_disciplinas\\_download/1-2-Revisao-Microeletronica-2a-Aula-2.pdf](http://gnmd.webgrupos.com.br/arquivo_disciplinas_download/1-2-Revisao-Microeletronica-2a-Aula-2.pdf);
- Boylestad e Nashelsky. “Dispositivos Eletrônicos e teoria de circuitos”, Prentice Hall, 11 Edição, 784p, 2013;
- Sedra e Smith, “Microeletrônica”, Pearson Prentice Hall, 5 Edição, 948p, 2007.

# Referencias

- <http://www4.pucsp.br/~elo2eng/Processo%20de%20fabricacao%20de%20dispositivos.pdf>;
- [http://gnmd.webgrupos.com.br/arquivo\\_disciplinas\\_download/1-2-Revisao-Microeletronica-2a-Aula-2.pdf](http://gnmd.webgrupos.com.br/arquivo_disciplinas_download/1-2-Revisao-Microeletronica-2a-Aula-2.pdf);
- Boylestad e Nashelsky. “Dispositivos Eletrônicos e teoria de circuitos”, Prentice Hall, 11 Edição, 784p, 2013;
- Sedra e Smith, “Microeletrônica”, Pearson Prentice Hall, 5 Edição, 948p, 2007.