

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**Projeto de Circuito Integrado:
Conversor Série-Paralelo Bidirecional**

Alunos:

Cezar Oliveira

Douglas Alencar

Professores:

Márlio José do Couto Bonfim

Oscar da Costa Gouveia Filho

CURITIBA

2010

Introdução

Como avaliação da disciplina *TE130 - Projeto de circuitos integrados digitais*, do departamento de engenharia elétrica da UFPR, foi proposto aos alunos um projeto de um conversor paralelo-série bidirecional de 8 bits, a ser confeccionado em uma pastilha de silício, ou seja, um circuito integrado através do *software Mentor Graphics* utilizando a tecnologia CMOS. Todas as etapas desse projeto, desde o desenvolvimento lógico e elétrico até que o dispositivo esteja pronto para ser integrado em um encapsulamento serão abordadas a seguir.

Desenvolvimento

O diagrama do conversor paralelo-serial de 8 bits pode ser visto na figura 1.

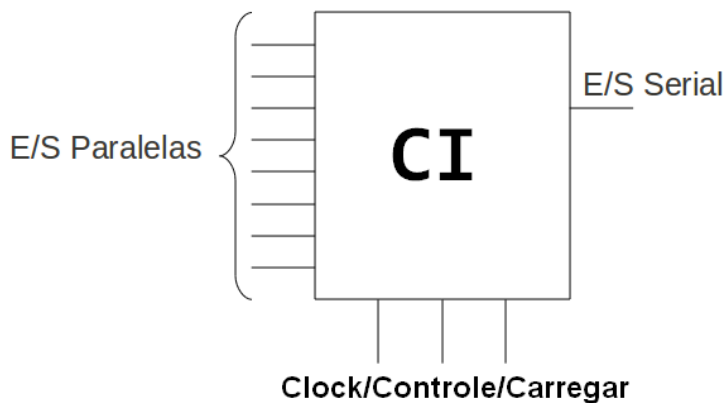


Figura 1 - Diagrama do conversor serial-paralelo

Quando a entrada “Controle” está em nível lógico alto o circuito funciona como um conversor serial-paralelo, seu funcionamento é descrito na tabela 1, que está simplificada para 4 bits.

Conversor Série-Paralelo							
Entradas				Saídas			
S	Clock	Controle	Carregar	P1	P2	P3	P4
0	↑	1	1	0	X	X	X
0	↑	1	1	0	0	X	X
1	↑	1	1	1	0	0	X
1	↑	1	1	1	1	0	0
0	↑	1	1	0	1	1	0
0	↑	1	1	0	0	1	1
1	↑	1	1	1	0	0	1
X	X	0	X	Alta	Alta	Alta	Alta

Tabela 1 - Funcionamento de um conversor série-paralelo de 4 bits

Quando a entrada “Controle” está em nível lógico baixo, o circuito funciona como um conversor paralelo-serial e seu funcionamento pode ser visto na tabela 2, simplificada para 4 bits.

Conversor Paralelo-Série							
Entradas							Saídas
P1	P2	P3	P4	Clock	Controle	Carregar	S
0	1	1	1	X	0	↓	-
X	X	X	X	↑	0	1	1
X	X	X	X	↑	0	1	1
X	X	X	X	↑	0	1	1
X	X	X	X	↑	0	1	0
0	0	0	1	X	0	↓	-
X	X	X	X	↑	0	1	1
X	X	X	X	↑	0	1	0
X	X	X	X	↑	0	1	0
X	X	X	X	↑	0	1	0
X	X	X	X	X	1	X	Alta

Tabela 2 - Funcionamento do conversor paralelo-série de 4 bits

Pode-se perceber que é necessário um pulso negativo na entrada “Carregar”, para que os valores das entradas paralelas sejam armazenados nos flip-flops e a saída serial receba esses dados a cada pulso de clock, deve-se repetir esse pulso negativo sempre que se desejar alterar os valores de entrada paralelo, ou a saída se repetirá a cada 8 ciclos de clock.

A topologia do circuito pode ser vista na figura 2, simplificado em blocos. A lógica foi desenvolvida para setar/resetar (de acordo com as entradas paralelas) o flip-flop apenas quando “carregar” estiver em nível lógico baixo. A chave de três estados permite ou bloqueia a passagem de tensão de acordo com o nível da entrada “controle”, para isolar os transistores das portas, evitando assim curtos-circuitos que danifiquem o CI, conforme demonstra a figura 3.

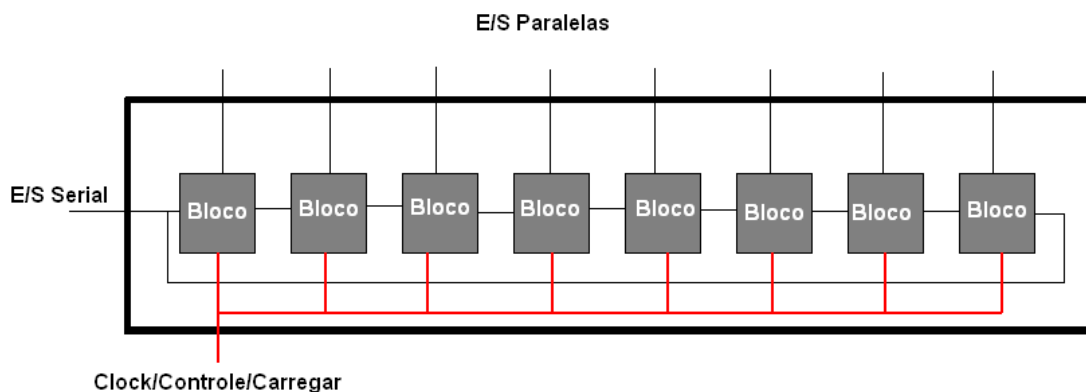


Figura 2 - Topologia do CI

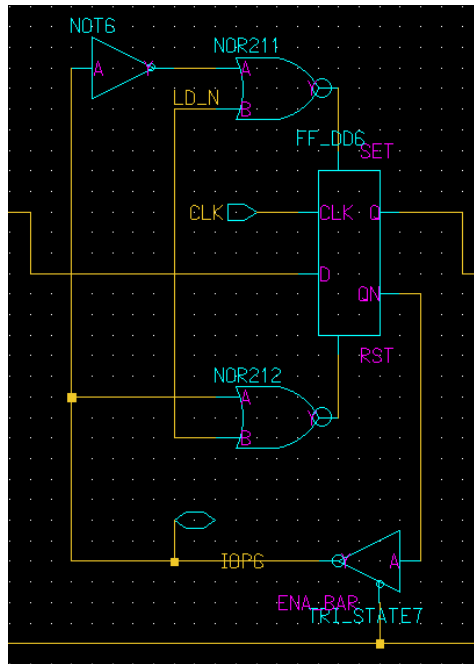


Figura 3 – Esquema eletrônico de cada bloco

O circuito completo pode ser visto na página em anexo. O circuito de cada porta lógica usada no projeto será apresentado a seguir, foram utilizadas portas NOR e NOT, chaves inversoras de três estados, portas de passagem e flip-flops tipo D.

- Porta NOR

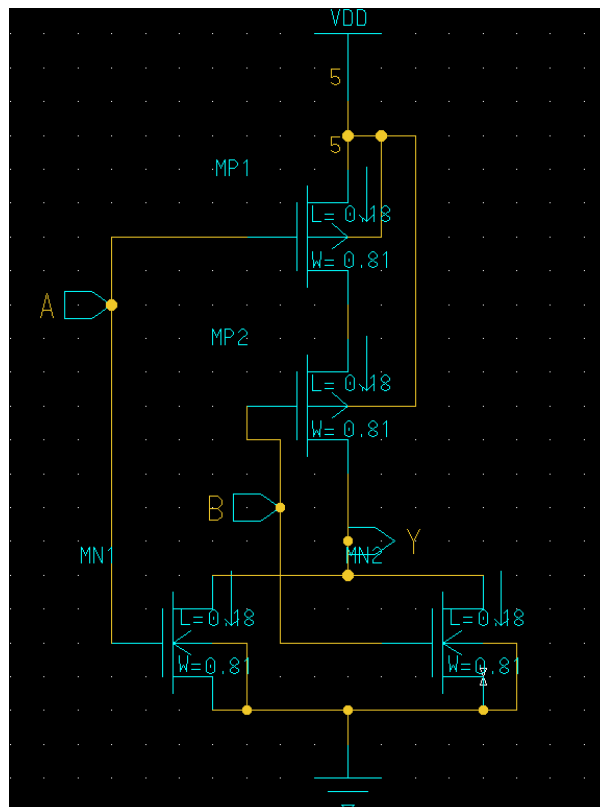


Figura 4 - Porta NOR CMOS

- Porta NOT

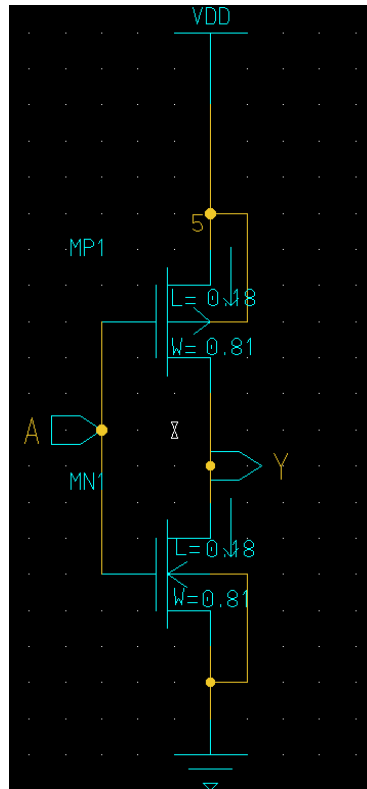


Figura 5 - Porta NOT CMOS

- Chave de três estados

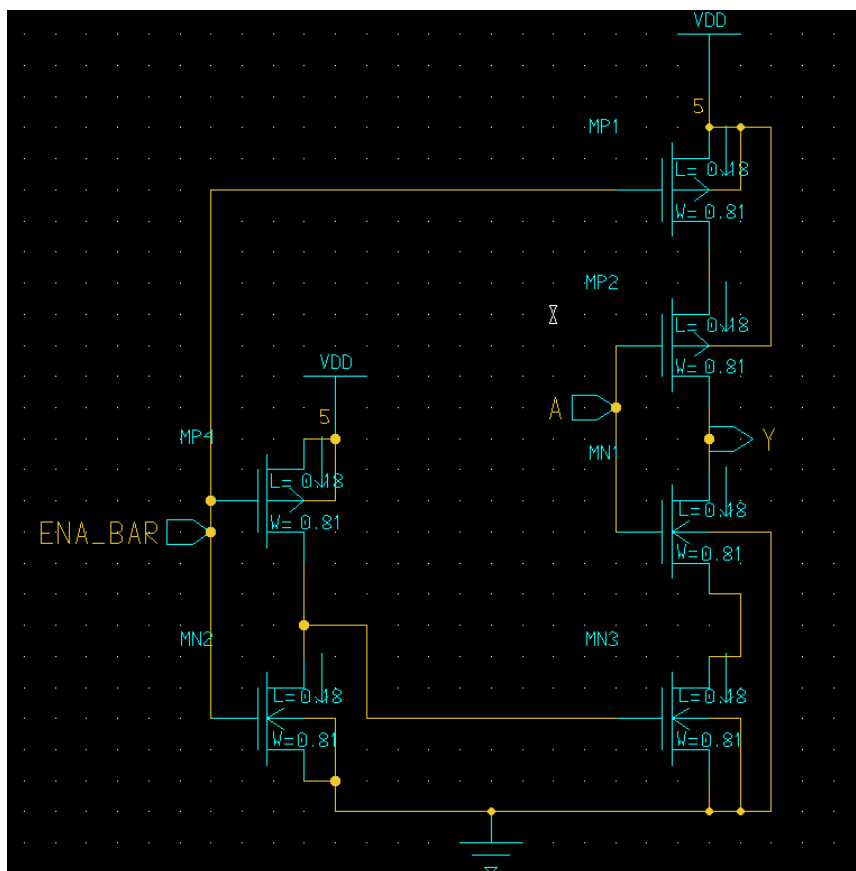


Figura 6 - Chave Inversora de três estados CMOS

- Porta de passagem

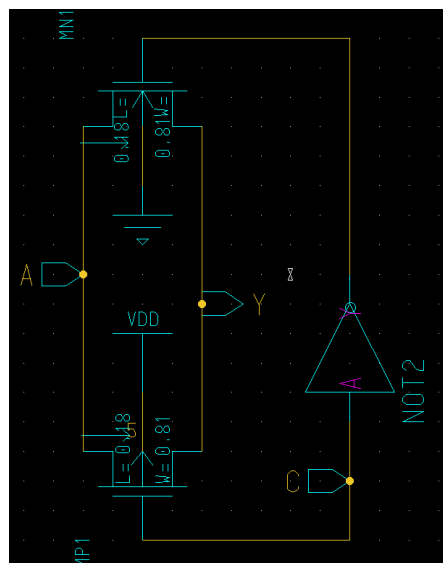


Figura 7 - Porta de passagem CMOS

- Flip-flop tipo D

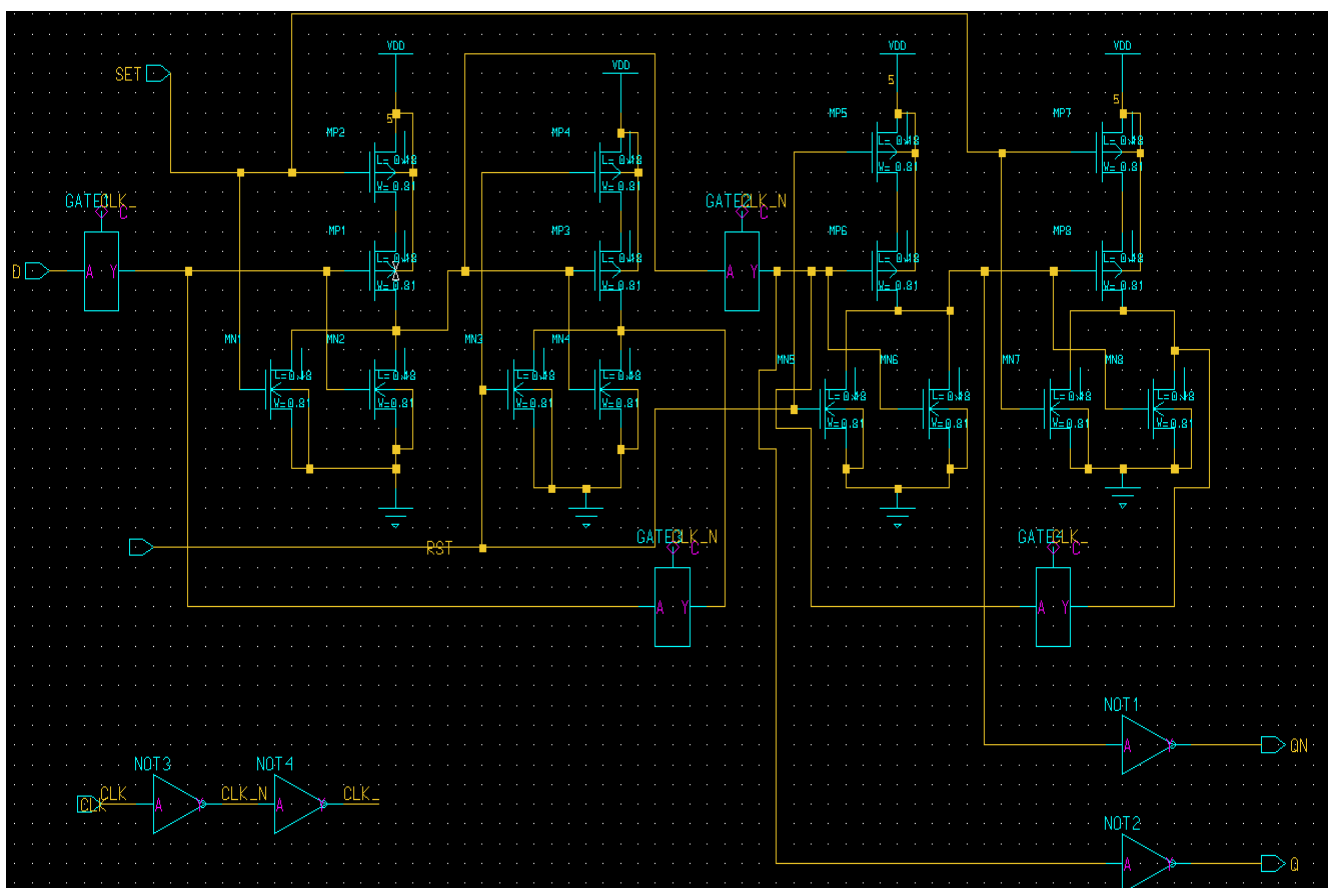


Figura 8 - Flip-flop tipo D CMOS

Simulações

A segunda etapa do projeto consiste em simulações para validar o funcionamento dos circuitos. Cada componente eletrônico foi simulado para se obter os valores de atraso, para o circuito completo foram feitas simulações elétricas e lógicas.

- Porta NOR

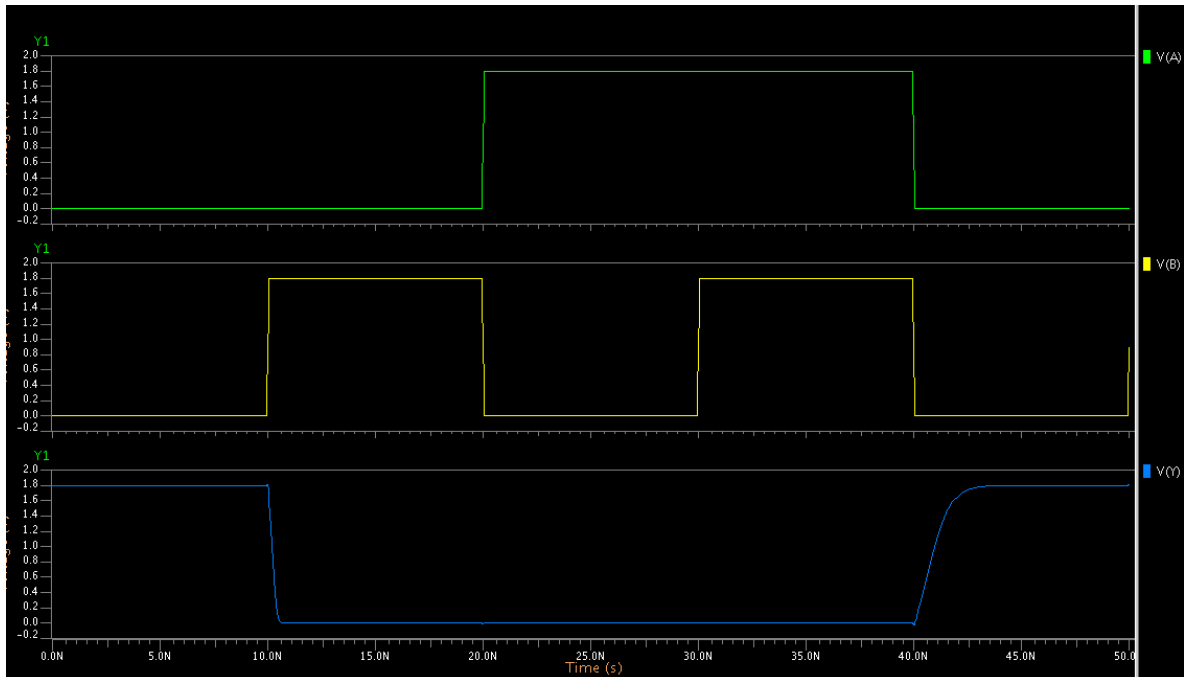


Figura 9 - Simulação elétrica porta NOR

- Porta NOT

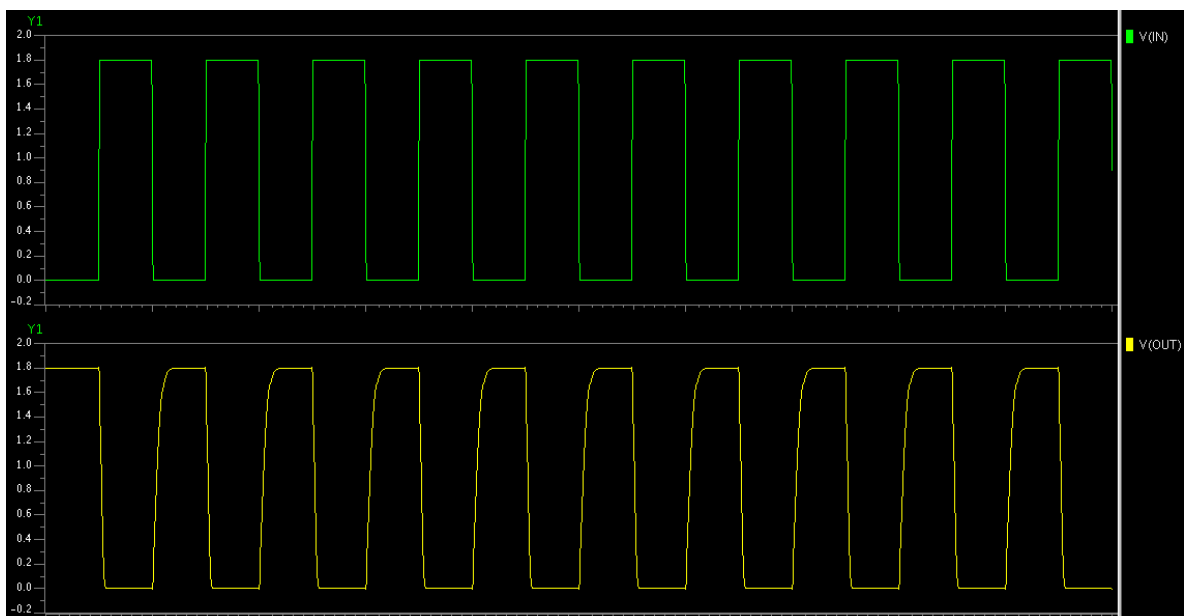


Figura 10- Simulação elétrica porta NOT

- Chave de três estados

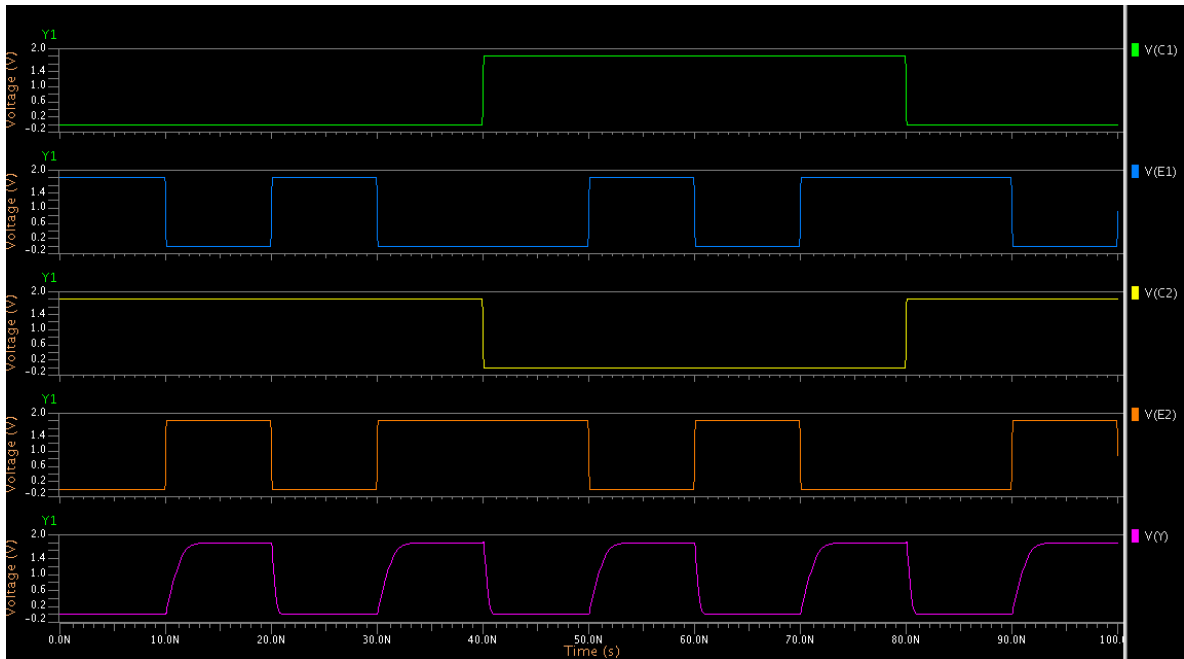


Figura 11 - Simulação elétrica chave de três estados

- Porta de passagem

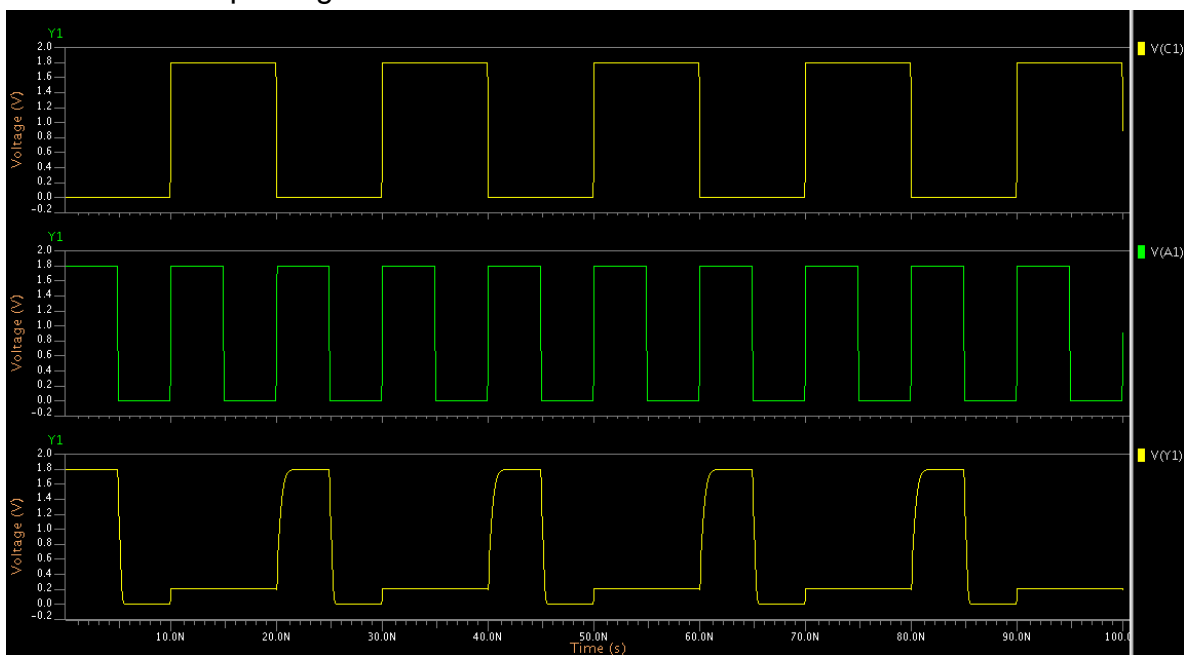


Figura 12 - Simulação elétrica porta de passagem

- Flip-flop tipo D

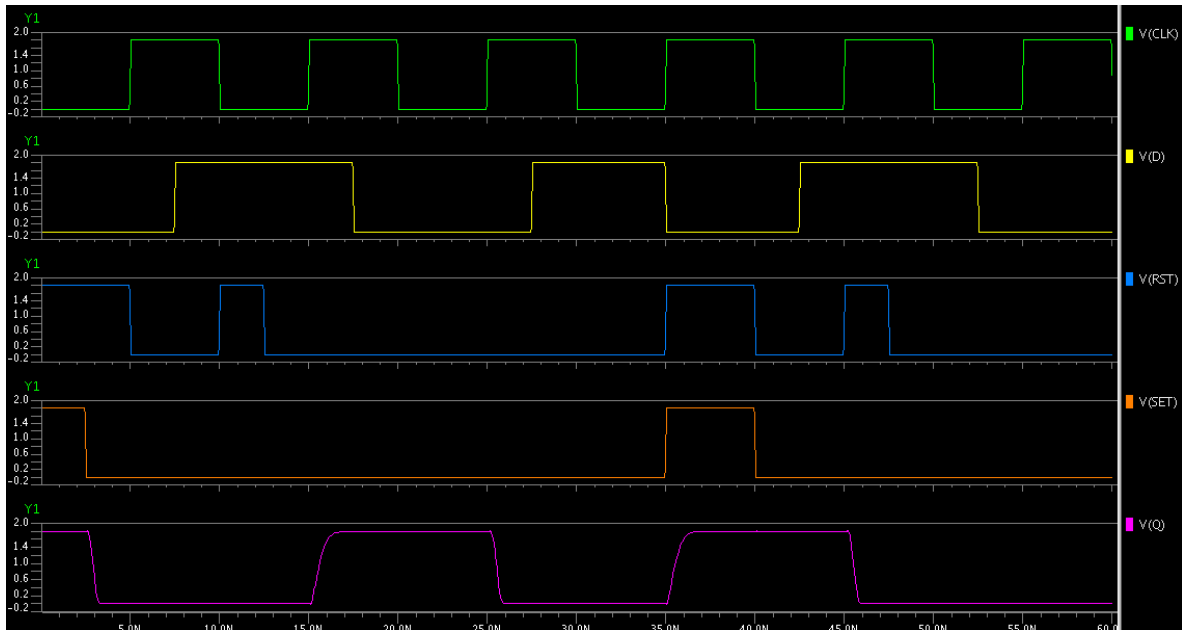


Figura 13 - Simulação elétrica flip-flop tipo D

Os resultados dos componentes eletrônicos podem ser visto na tabela 3.

Componente Eletrônico	Tempo propagação [ns]	
	Baixo => Alto	Alto => Baixo
NOR	0,89	0,21
NOT	0,47	0,21
Chave três estados	0,83	0,29
Porta de Passagem	0,29	0,18
Flip-Flop D	0,57	0,52

Tabela 3 - Resultados das simulações: Tempos de propagação

A simulação lógica e a simulação elétrica do circuito completo, operando como conversor série-paralelo, estão representadas, respectivamente, na figura 14 e na figura 15.

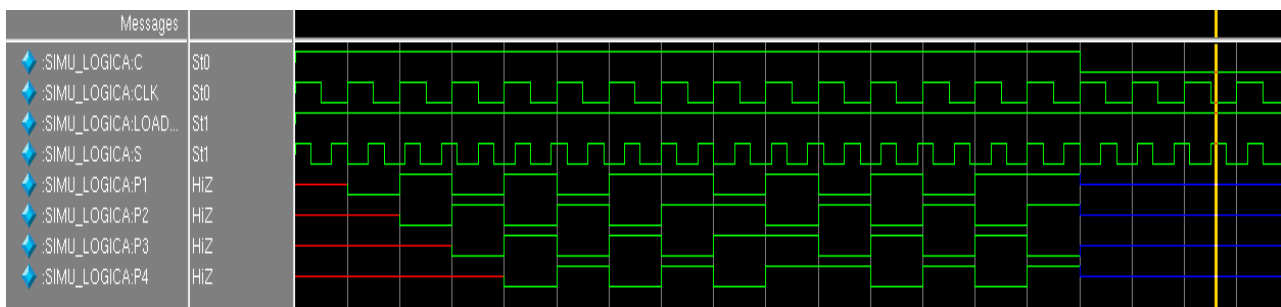


Figura 14 - Simulação Lógica: Conversor Série-Paralelo

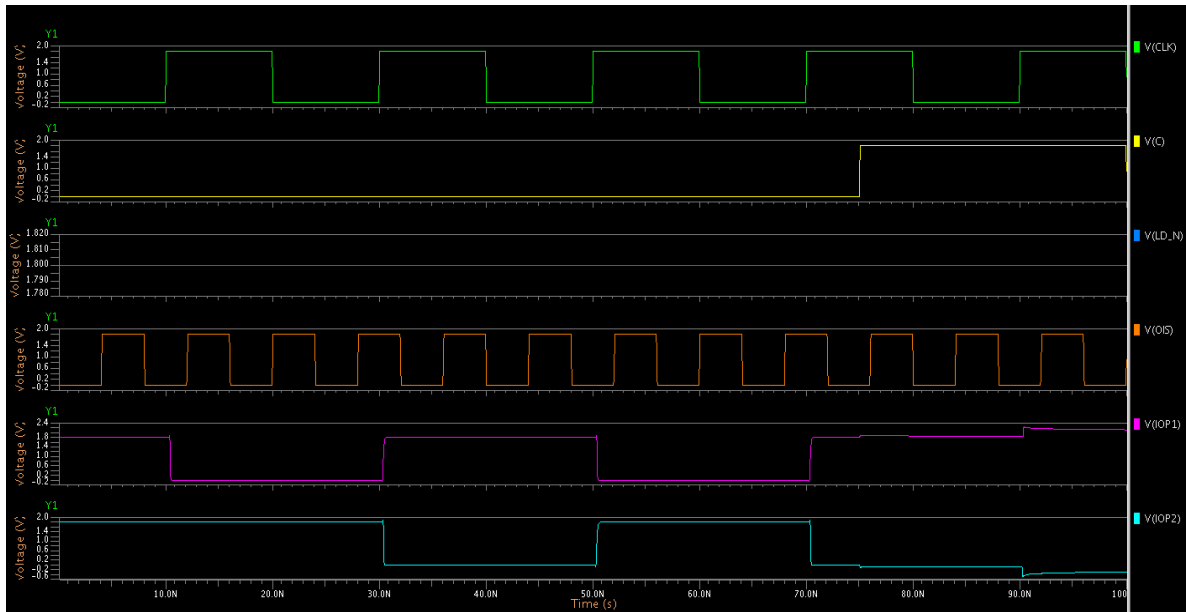


Figura 15 - Simulação Elétrica: Conversor Série-Paralelo

A simulação lógica e a simulação elétrica do circuito completo, operando como conversor paralelo-série, estão representadas, respectivamente, na figura 16 e na figura 17.

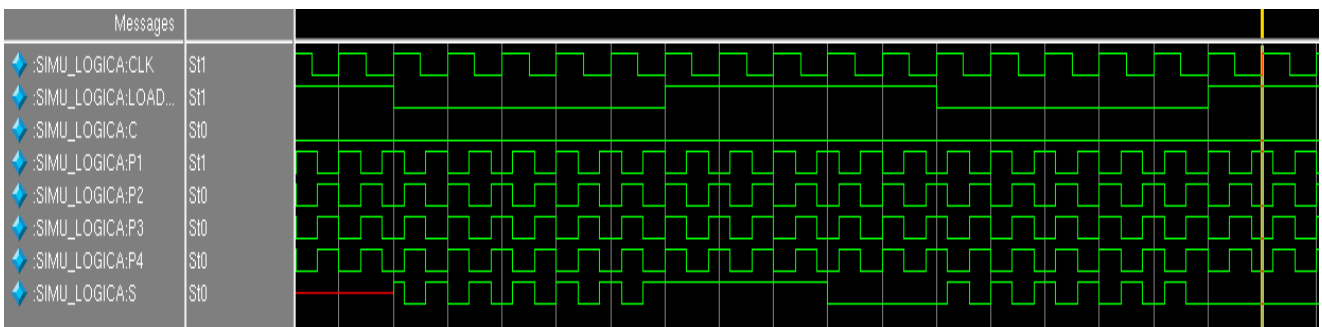


Figura 16 - Simulação lógica: Conversor paralelo-série

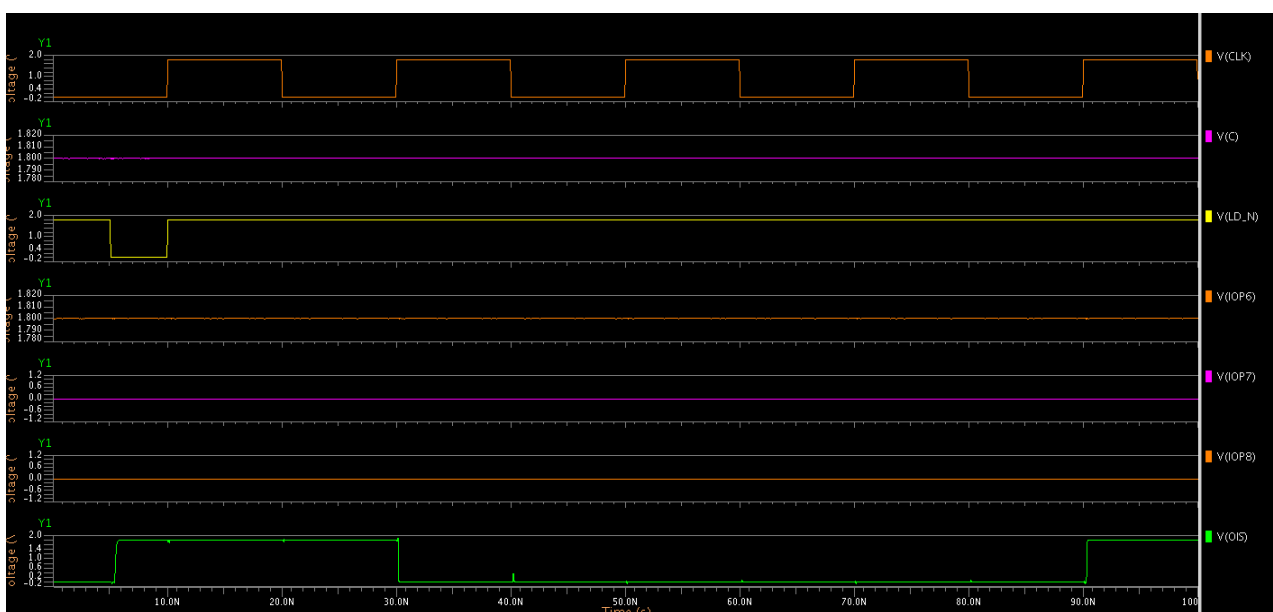


Figura 17 - Simulação elétrica: Conversor paralelo-série

Os resultados de atrasos para o circuito completo estão mostrados na tabela 4, a frequência máxima foi estimada utilizando o pior tempo de transição das portas desenvolvidas, aproximadamente 0,9[ns], pois é o tempo necessário para o estado na entrada da porta “ser transferido” para saída.

Conversor	Tempo de propagação [ns]		Frequência Máxima Aproximada [Mhz]
	Baixo => Alto	Alto => Baixo	
Série-paralelo	0,4	0,43	353
Paralelo-série	0,31	0,17	400

Tabela 4 - Resultados da simulação elétrica do circuito completo

Layouts

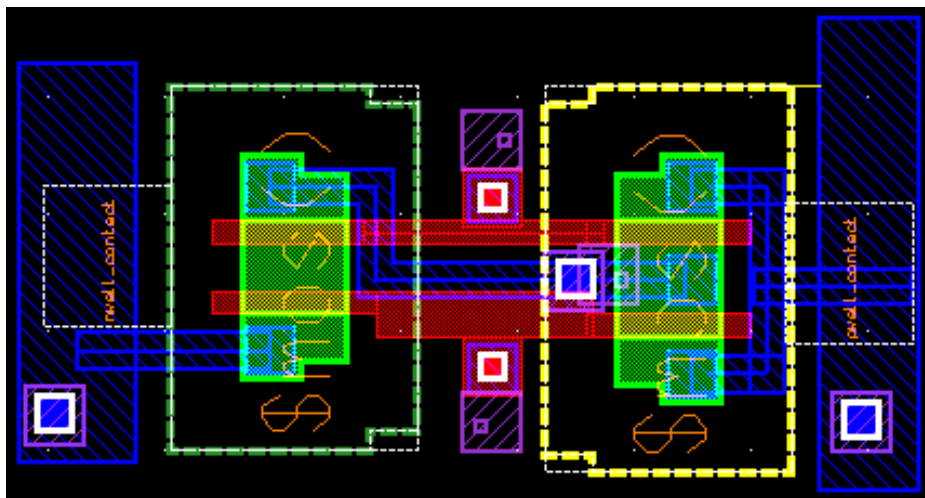


Figura 18 - Layout porta NOR

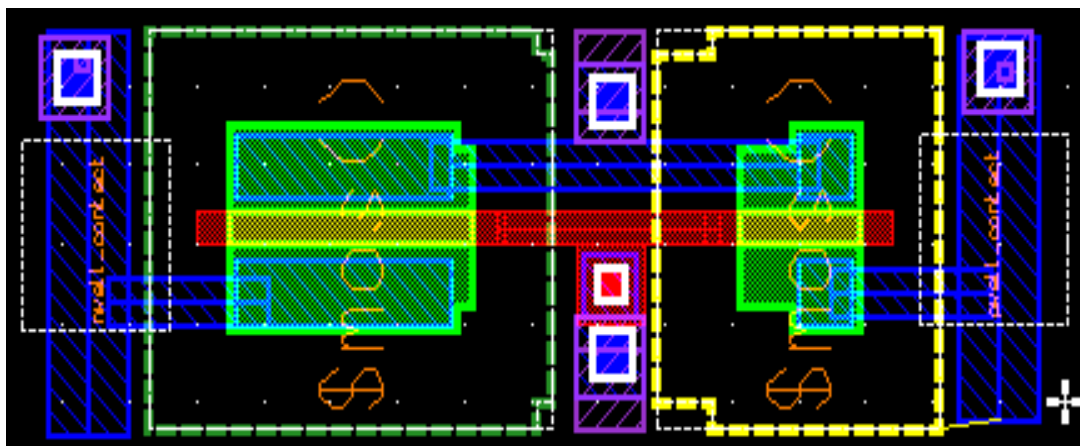


Figura 19 - Layout porta NOT

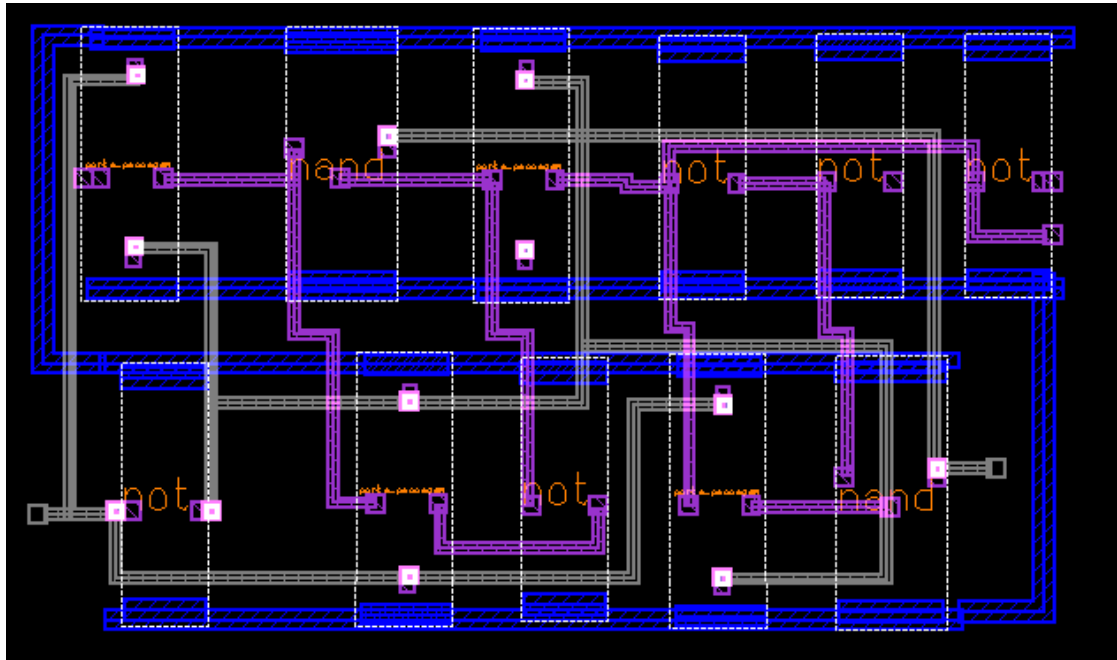


Figura 20 - Layout bloco lógico

Conclusões

Conversores série-paralelo são extremamente necessários e amplamente utilizados por muitas pessoas, devido à demanda de transferência de informações e também porque os computadores e outros dispositivos acabam muitas vezes não possuindo todas as portas de entrada, em busca da economia de espaço (no caso de computadores portáteis e equipamentos embarcados) ou mesmo de economia de dinheiro (no caso de computadores populares). Ter portanto, a possibilidade de construir um dispositivo como este conversor, desde sua concepção lógica até a simulação e desenho do layout, deixando-o pronto para a fabricação, nos mostra a relevância das competências adquiridas.

Transistores utilizados: 456 unidades

Potência média consumida: 2,16 nW

Bibliografia

[1] Notas de aula da disciplina TE-130

[2] Sedra, A.S. e Smith, K.C., *Microelectronic Circuits*, 4rd ed