

# Trabalho - Otimização aplicada a Estágio Fonte Comum

Prof. Tiago Oliveira Weber

2017

## 1 Objetivos

### 1.1 Objetivo Geral

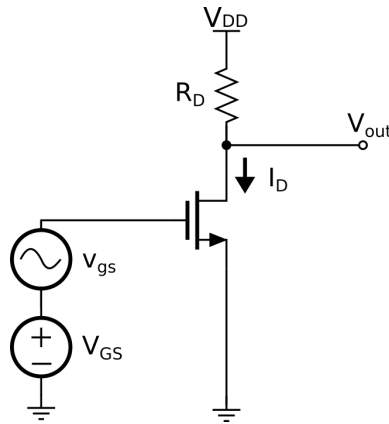
- Compreender o funcionamento e utilização de otimização aplicada a circuitos integrados analógicos;

### 1.2 Objetivos Parciais

- Estudar o circuito do tipo fonte comum;
- Fazer medida automática de ganho do circuito em simulação AC;
- Otimizar o circuito para máximo ganho;
- Otimizar o circuito para maximizar ganho juntamente com excursão de saída do sinal;

## 2 Descrição

O modelo de transistor utilizado para este trabalho é o modelo  $N_{1u}$  (modelo de canal longo) e está disponível em [www.cmosedu.com](http://www.cmosedu.com) (arquivo *cmosedu\_models.txt*). Este trabalho envolverá o uso do simulador elétrico LTspice ou qualquer outro que seja capaz de trabalhar com o modelo utilizado. Para as análises, considere o circuito do tipo fonte comum (mostrado na figura a seguir).



A fonte de tensão entre a porta e a fonte em c.c. é chamada  $V_{GS}$  e a fonte de pequenos sinais entre a porta e a fonte é chamada  $v_{gs}$ . Para nossos testes, considere que é  $V_{DD} = 5V$ ;

- $v_{gs}$  seja descrita por uma fonte AC com amplitude de 1V.

## 2.1 Parte 1

Faça uma simulação do tipo AC de 1 até 1MHz. Considere que:

- $R_D = 25k \Omega$ ;
- O transistor tenha comprimento  $L$  (length) igual a  $1,5 \mu m$  e largura  $W$  (width) igual a  $3 \mu m$ .
- a fonte  $v_{gs}$  tenha amplitude 1V AC (tensão apenas utilizada para simulações do tipo AC)
- $V_{GS}$  seja 1.5 V.

Os resultados a serem obtidos são o ganho em escala linear e em dB.

## 2.2 Parte 2

Monte medidas automáticas para obter o ganho do circuito em dB e a excursão máxima de saída. A excursão máxima de saída (output swing).

1. Ganho =  $-g_m \cdot (R_D // r_o)$  (pode ser medido diretamente no simulador elétrico pela razão da saída pela entrada do amplificador)
2. Limite de tensão de saída superior

$$V_{out,max} = V_{DD}$$

1. Limite de tensão de saída inferior (limitado devido ao transistor ir para região de triodo):

$$V_{out,min} = V_{GS} - V_{Th}$$

## 2.3 Parte 3

Utilize os scripts disponíveis no moodle como ponto de partida para otimizar o circuito (alterações nos códigos serão necessárias). O algoritmo de hill climbing pode ser utilizado ou um algoritmo mais complexo, fica a critério do aluno. Como a semente (resposta inicial) pode ser aleatória, e também como o algoritmo usa variáveis aleatórias em sua execução, cada vez que ele for rodado dará uma resposta diferente. Para uma destas execuções, mostrar resposta final e comprová-la em simulação. Mostrar também o gráfico do resultado da função custo pelo número de iterações. Discutir os resultados. Os valores do circuito estão de acordo com o esperado baseado nas equações do circuito? O otimizador foi capaz de otimizar os objetivos?

- variáveis de entrada:  $R_D$ ,  $V_{GS}$ ,  $W$  e  $L$ .
- valores mínimos das variáveis de entrada (respectivamente) = 100, 1, 3e-6, 1.5e-6

valores máximos das variáveis de entrada (respectivamente) = 100k, 5, 100e-6, 10e-6

- Medições: Ganho em baixa frequência (em medida do LTSPICE, medir em  $\text{freq} = 1$ )
- Objetivo: maximizar o ganho;
- Como fazer a função custo: quanto maior o ganho, menor o resultado da função. Fica a critério do aluno como fazer esta função.
- Critério de parada do algoritmo: a critério do aluno

## 2.4 Parte 4

Esse passo é a mesma atividade que a parte 3. A diferença é que agora existirão dois objetivos.

- Medições: Ganho em baixa frequência (em medida do LTSPICE, medir em  $\text{freq} = 1$ ) e Excursão Máxima de Saída.
- Objetivo: maximizar o ganho e a excursão de saída;
- Como fazer a função custo: uma função agregativa. Supondo que a função custo do ganho seja  $f_1$  e a função custo da excursão de saída seja  $f_2$ :

$$f(x) = f_1(x) \cdot w_1 + f_2(x) \cdot w_2$$

A elaboração das funções e escolha dos pesos fica a critério do aluno.