

Relatório 8 - Estágio de Saída

Patrik Loff Peres (20103830)

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica (DEEL)

I. INTRODUÇÃO

Neste laboratório foi implementado estágios de saída para o amplificador cascode do laboratório anterior, nas topologias fonte seguidora e *push-pull* como mostram as topologias das figuras 1 e 2. A partir da teoria e dos resultados das simulações, foram determinados os valores de largura (W), comprimento do canal (L) dos transistores MOS e das correntes de polarização, com objetivo de obter um valor alto da figura de mérito ($FoM = \frac{A_v}{A \times I_{DD} \times THD}$).

II. ANÁLISE TEORICA

Tendo em vista que a amplificação do amplificador cascode implementado depende da alta impedância de saída, no caso da carga acoplada na saída do amplificador seja relativamente baixa, esta impedância da carga dominará sobre a impedância de saída do estágio porta comum, fazendo com que o ganho do amplificador seja degradado. Neste contexto, foi implementado opções de estágios de baixa impedância de saída que isolam a carga do circuito amplificador, mantendo o ganho.

A. Fonte Seguidora

Para implementação do circuito fonte seguidora, é implementado um amplificador dreno comum, em que a corrente de polarização $I_1 = \frac{V_{dd}}{R_L} = \frac{1,2}{1k} = 1mA$. Durante o semi ciclo positivo a corrente $I_{m1} = 2I_1$ e durante o semi ciclo negativo a corrente $I_{m1} = I_1$. O ganho deste amplificador é limitado em 1, sendo aproximadamente:

$$A_{v0} \approx \frac{g_{m1} R_L}{1 + g_{m1} R_L} \quad (1)$$

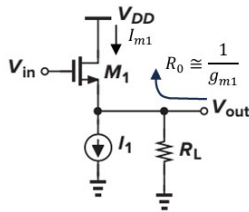


Fig. 1: Circuito fonte seguidora

B. Push-Pull

Outra alternativa é substituir a fonte de corrente por um transistor de modo a variar a corrente I_1 conforme necessário, diminuindo a dissipação de potência. Uma desvantagem dessa topologia é que, quando o sinal de entrada passa por zero,

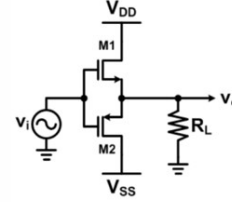


Fig. 2: Circuito *push-pull*

ambos transistores estarão cortados, o que gera distorção harmônica na saída.

III. ESQUEMÁTICO

Inicialmente foi criado os esquemáticos dos circuitos propostos, mostrados nas figuras 3 e 4. Para o circuito fonte seguidora, foi utilizado um NMOS com $L = 500nm$ e $W = 20\mu m$ como amplificador dreno comum, e um espelho de corrente NMOS que polarizado com uma corrente de referencia. Para o circuito *push-pull*, foi utilizado um NMOS LVT com $L = 60nm$ e $W = 20\mu m$ e um PMOS LVT com $L = 130nm$ e $W = 40\mu m$.

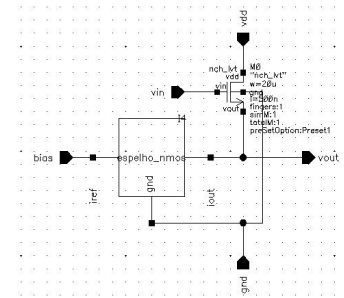


Fig. 3: Esquemático do fonte seguidora

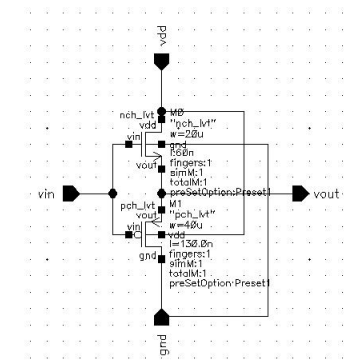


Fig. 4: Esquemático do *push-pull*

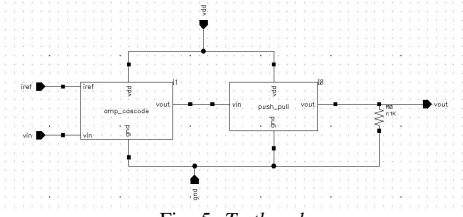


Fig. 5: Testbench

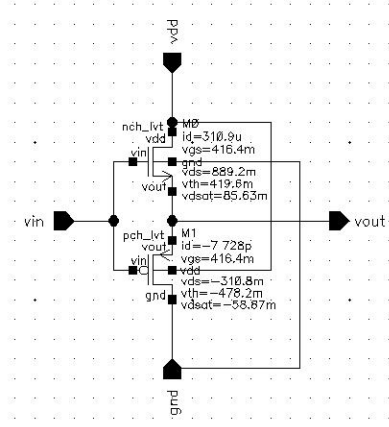


Fig. 6: Ponto de operação

IV. SIMULAÇÃO

Foi criado *testbenchs* para simular os circuitos com uma resistência externa representando a carga na saída, e com o amplificador cascode do laboratório 7 na entrada, como mostra a figura 5. Foi realizada uma simulação DC para verificar o ponto de operação dos transistores, especialmente os transistores que atuam como amplificadores principais do amplificador cascode, pois ao adicionar o estágio de saída, os transistores saíram do ponto de operação, como mostra a figura 6.

A. Fonte Seguidora

Realizando uma simulação transiente, com tensão de entrada uma senoide de amplitude 1mV e frequência de 100kHz, obtemos o resultado da figura 7. A amplitude do sinal de saída é $V_{out_a} = \frac{248-179}{2} = 34,5mV$ e, portanto, o ganho é $A_V = \frac{47,5mV}{1mV} = 47,5$. A THD obtida para a frequência fundamental de 100kHz foi de 3,86%. A corrente total consumida das fontes de alimentação foi de 1,4mA.

B. Push-Pull

Realizando uma simulação transiente, com tensão de entrada uma senoide de amplitude 1mV e frequência de 100kHz, obtemos o resultado da figura 8. A amplitude do sinal de

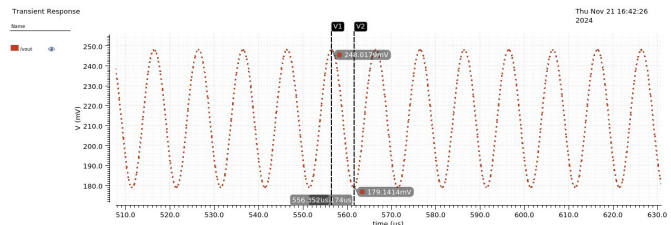


Fig. 7: Resultado da simulação transiente do circuito fonte seguidora

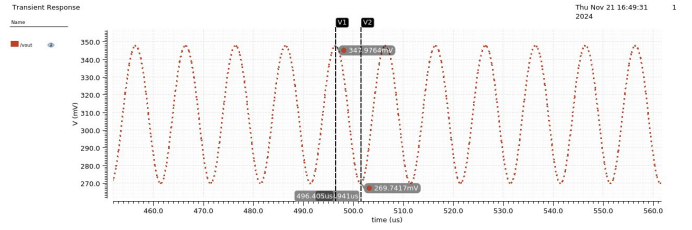


Fig. 8: Resultado da simulação transiente do circuito *push-pull*

saída é $V_{out_a} = \frac{348-270}{2} = 39mV$ e, portanto, o ganho é $A_V = \frac{39mV}{1mV} = 39$. A THD obtida para a frequência fundamental de 100kHz foi de 4,03%. A corrente total consumida das fontes de alimentação foi de 315μA.

V. FIGURA DE MÉRITO

A figura de mérito $FoM = \frac{A_v}{A \times I_{DD} \times THD}$, para a fonte seguidora é:

$$FoM = \frac{A_v}{A \times I_{DD} \times THD} = \frac{34,5}{10,4 \times 1,4 \times 3,86} \quad (2)$$

$$FoM = 0,61 \frac{1}{\mu^2 m^2 \times mA} \quad (3)$$

E para o *push-pull* é:

$$FoM = \frac{39}{6,4 \times 0,315 \times 4,03} = 4,8 \frac{1}{\mu^2 m^2 \times mA} \quad (4)$$

Pode-se notar pelos resultados de figura de mérito que o circuito push-pull se torna bem mais vantajoso por consumir menos potencia para funcionamento.