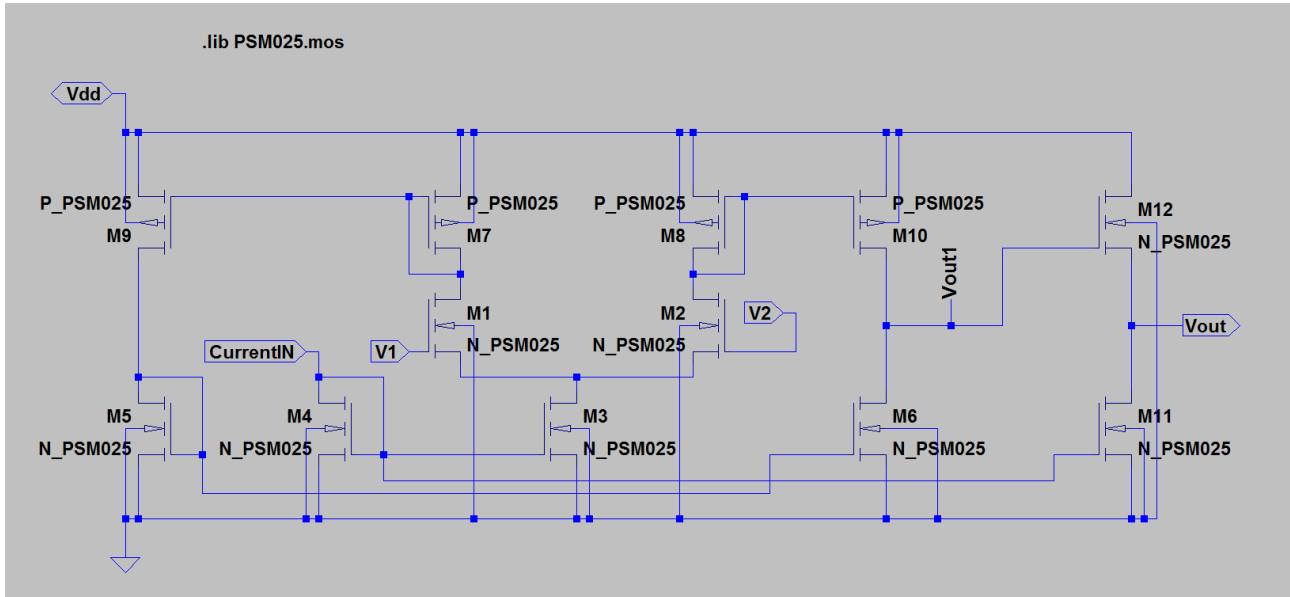


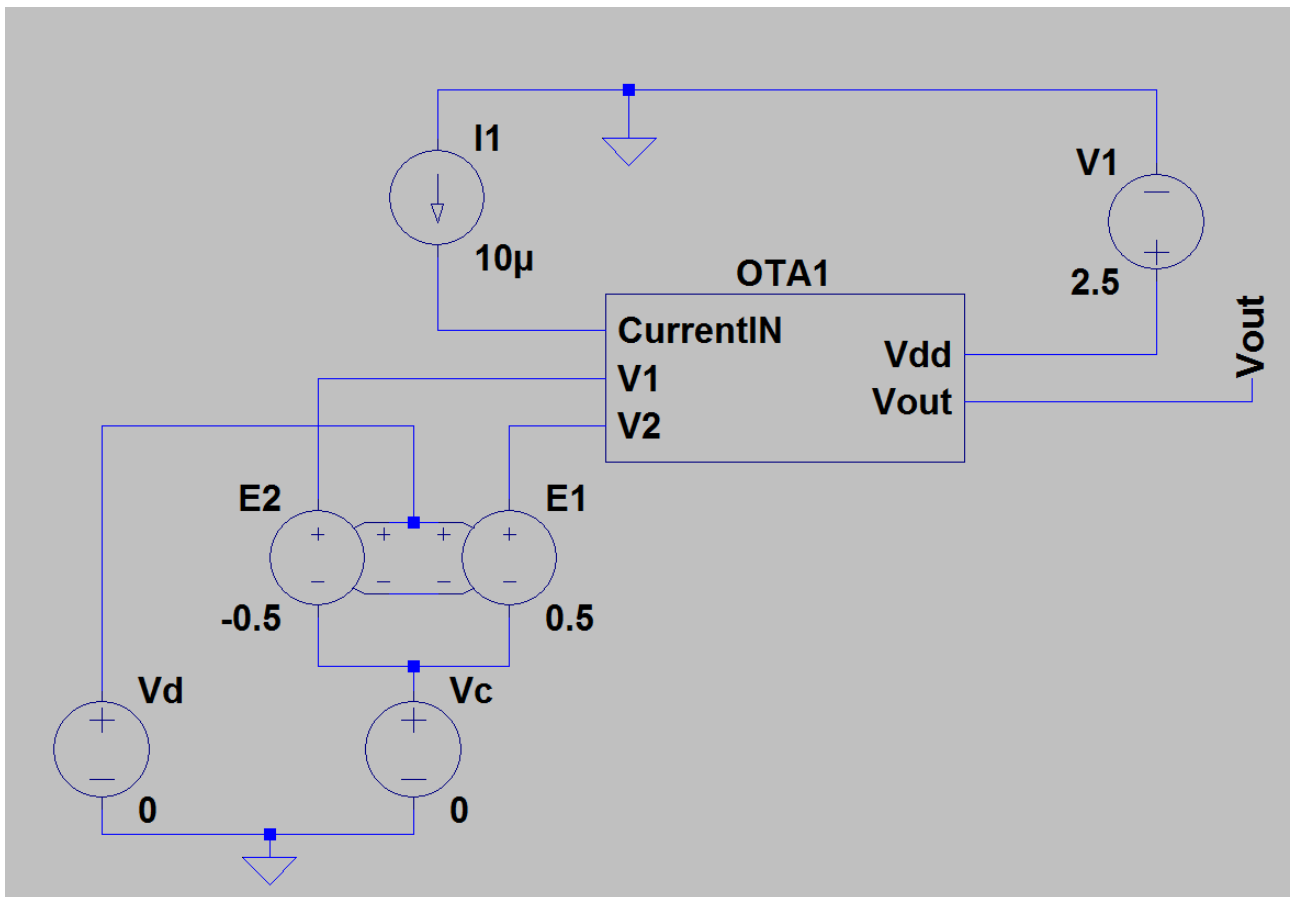
OTA (OPERATIONAL TRANSCONDUCTANCE AMPLIFIER) + OUTPUT STAGE SOURCE FOLLOWER.

Di Alessandro Paghi e Lorenzo De Marinis.

SCHEMA CIRCUITALE



SCHEMA SIMBOLICO



$V_{dd} = 2.5 \text{ V}$.

DIMENSIONAMENTO DEI MOSFET

Dati di progetto:

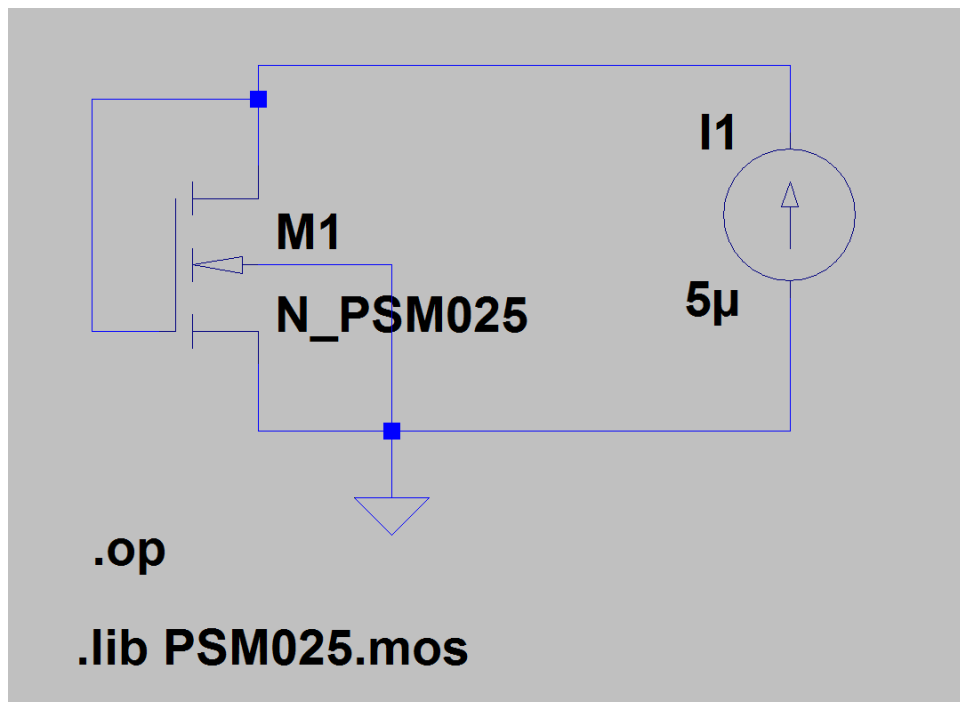
- $L = 1 \text{ } \mu\text{m}$;
- $I_0 = 10 \text{ } \mu\text{A}$;
- $\mu_n \cdot C_{ox} = 240 \cdot 10^{-6} \text{ A/V}^2$;
- $\mu_p \cdot C_{ox} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ A/V}^2$;
- $V_{gs} - V_t = 200 \text{ mV} \pm 10\%$;
- $V_t = 380 \text{ mV}$.

Procedimento per il dimensionamento dei Mosfet:

$$(W/L)_n = 2 \cdot I_q / [\mu_n \cdot C_{ox} \cdot (V_{gs} - V_t)^2]$$

$$(W/L)_p = 2 \cdot I_q / [\mu_p \cdot C_{ox} \cdot (V_{gs} - V_t)^2]$$

Iterazione dell'operazione di definizione di (W/L) attraverso l'uso del seguente schema circuitale:



$$(W/L)_{\text{new}} = (W/L)_{\text{old}} \cdot [(V_{gs} - V_t)_{\text{nominale}} / (V_{gs} - V_t)_{\text{old}}]^2$$

Per nMOSFET:

- $I_0 = 10 \text{ } \mu\text{A} \rightarrow W_n = 3.888 \text{ } \mu\text{m}$;
- $I_0/2 = 5 \text{ } \mu\text{A} \rightarrow W_n = 1.944 \text{ } \mu\text{m}$.

Per pMOSFET:

- $I_0/2 = 5 \text{ } \mu\text{A} \rightarrow W_p = 9.333 \text{ } \mu\text{m}$.

ANALISI CIRCUITALE A MONTE DELLA SIMULAZIONE

Lo schema circuitale assegnato consiste in uno stato OTA (Operational Transconductance Amplifier) con uno stadio di output del tipo Source Follower.

Stadio OTA

La soluzione illustrata è una soluzione circuitale adatta ad essere utilizzata con bassi valori delle tensioni di alimentazione.

Chiudendo l'uscita V_{out1} in corto circuito risulta:

- In polarizzazione: $I_{OUT1CC} = I_{D2} - I_{D1}$;
- Alle variazioni: $i_{ucc}(t) = g_{mn} \cdot v_d$.

Nello schema assegnato il terminale non invertente è quindi quello contrassegnato con V_2 e quello invertente con V_1 ; per cui risulta $v_d = v_2 - v_1$.

La resistenza di uscita R_{out} di questo circuito si calcola osservando che dall'uscita vedo solo il parallelo delle resistenze di Drain di M10 e M6, per cui $R_{out} = r_{d10} // r_{d6}$.

Risulta perciò $A_d = g_{mn} \cdot R_{out} \sim 50$.

La dinamica di uscita è praticamente estesa dalla V_{ss} , che in questo caso è la tensione di riferimento, alla V_{dd} .

L'amplificazione rimane quasi costante per $V_{ss} + (V_{GS6} - V_{tn}) < V_{out1} < V_{dd} - (|V_{GS10}| - |V_{tp}|)$ circa $200 \text{ mV} < V_{out1} < 2.3 \text{ mV}$.

Ci possiamo quindi avvicinare alle tensioni di alimentazioni a meno di una tensione di saturazione $V_{GS} - V_t$.

Oltre questi estremi R_{out} decresce diminuisce rapidamente e con essa pure la pendenza della caratteristica, ovvero il guadagno A_d .

Stadio di OUTPUT Source Follower

Per avere un'uscita di tensione è desiderabile una bassa resistenza di uscita in modo da ridurre l'effetto di attenuazione introdotto dall'inserimento di un carico.

Lo stadio di uscita proposto possiede una $R_{out} = 1/g_m$.

Questa configurazione di output è molto popolare nelle situazioni in cui è presente una tensione di alimentazione di diversi Volt; con la riduzione della tensione di alimentazione, questa semplice configurazione di output non trova più applicazione.

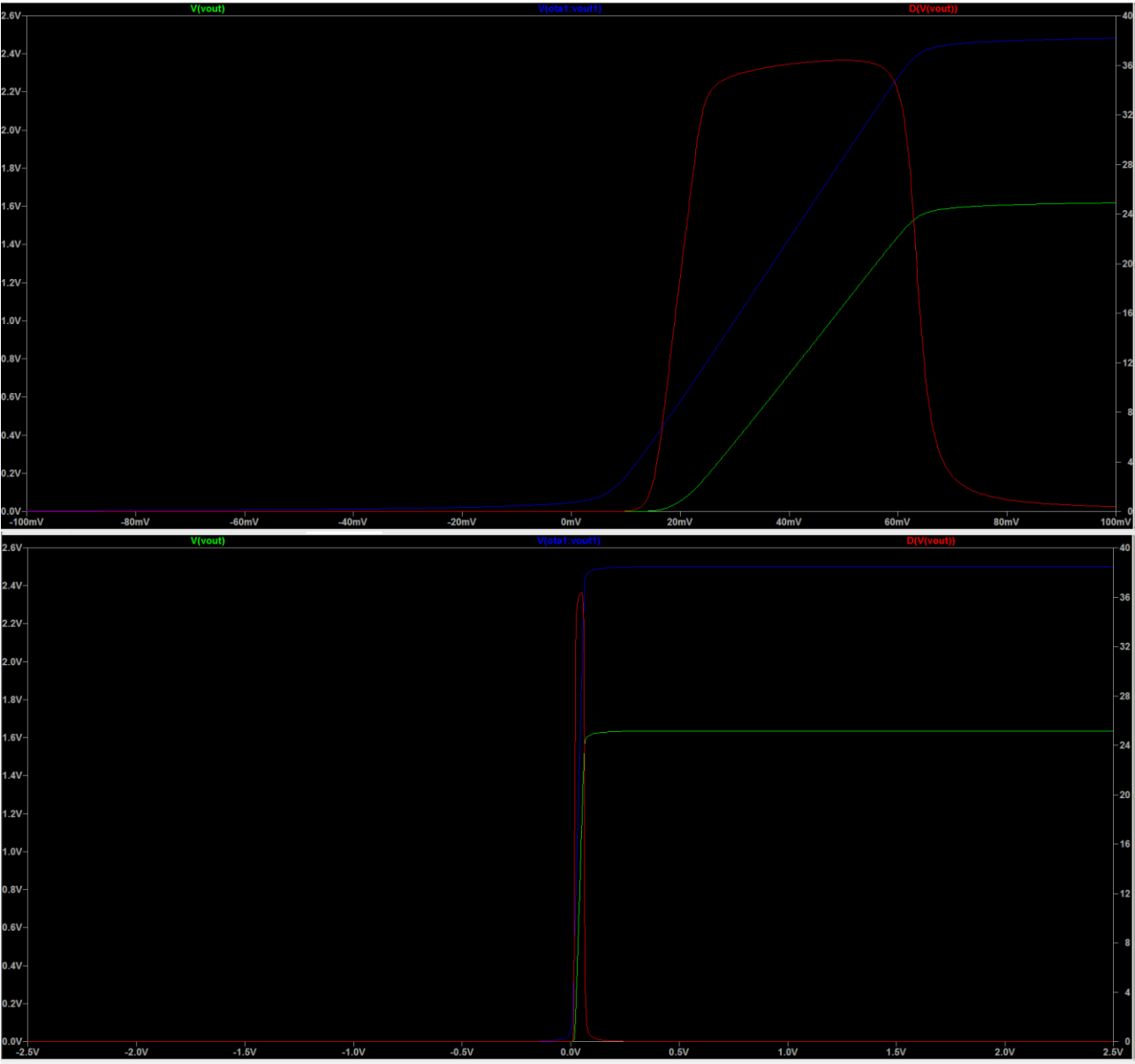
$$V_{out} = V_{out'} - V_{GS11}.$$

V_{GS11} contiene la tensione di threshold e in aggiunta, in un processo n-well CMOS, il source ed il body di un nMOSFET non sono connessi insieme, perciò V_t è significativamente aumentata dall'effetto Body.

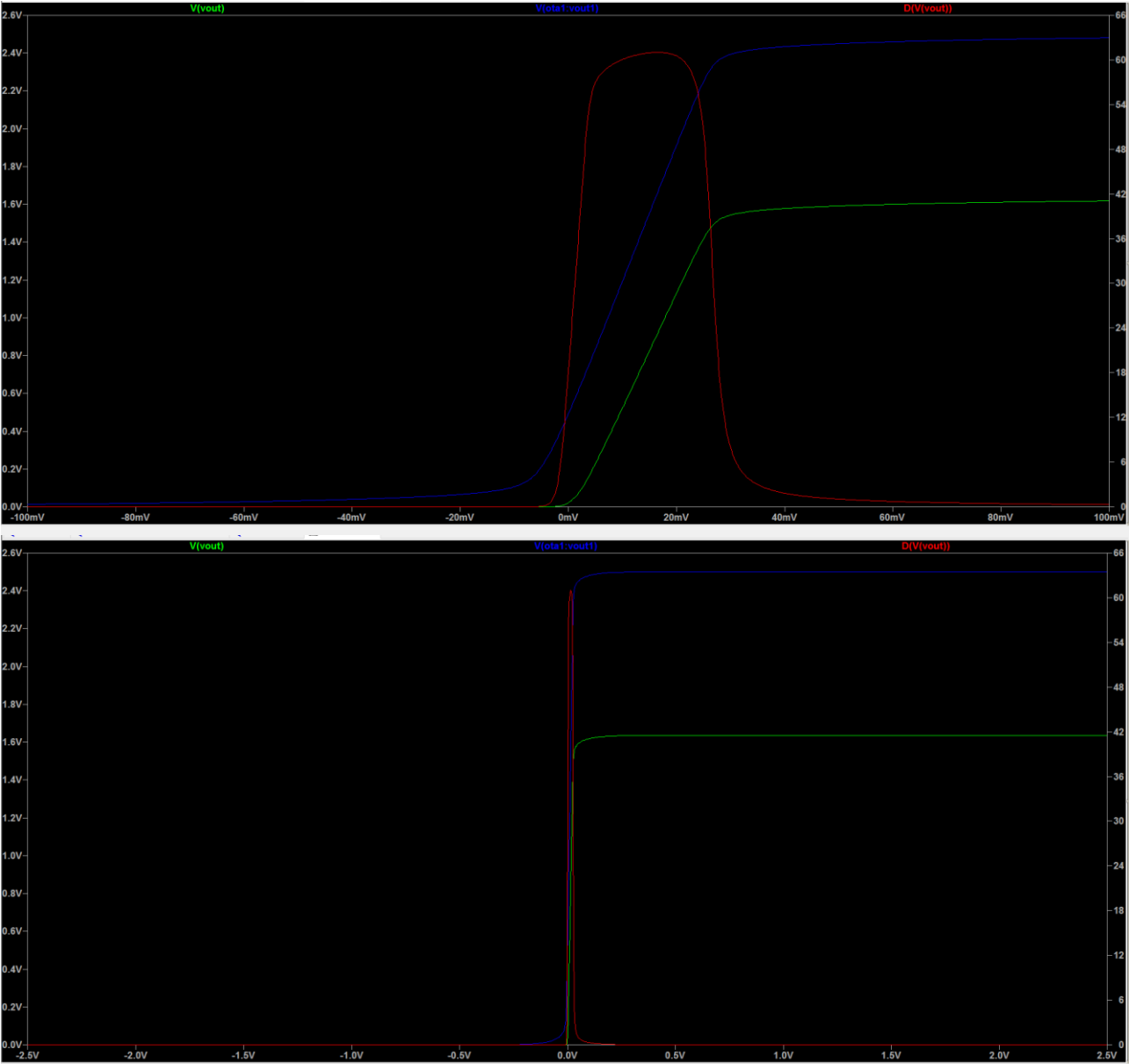
Ci possiamo aspettare una perdita di circa 1 V.

SIMULAZIONI

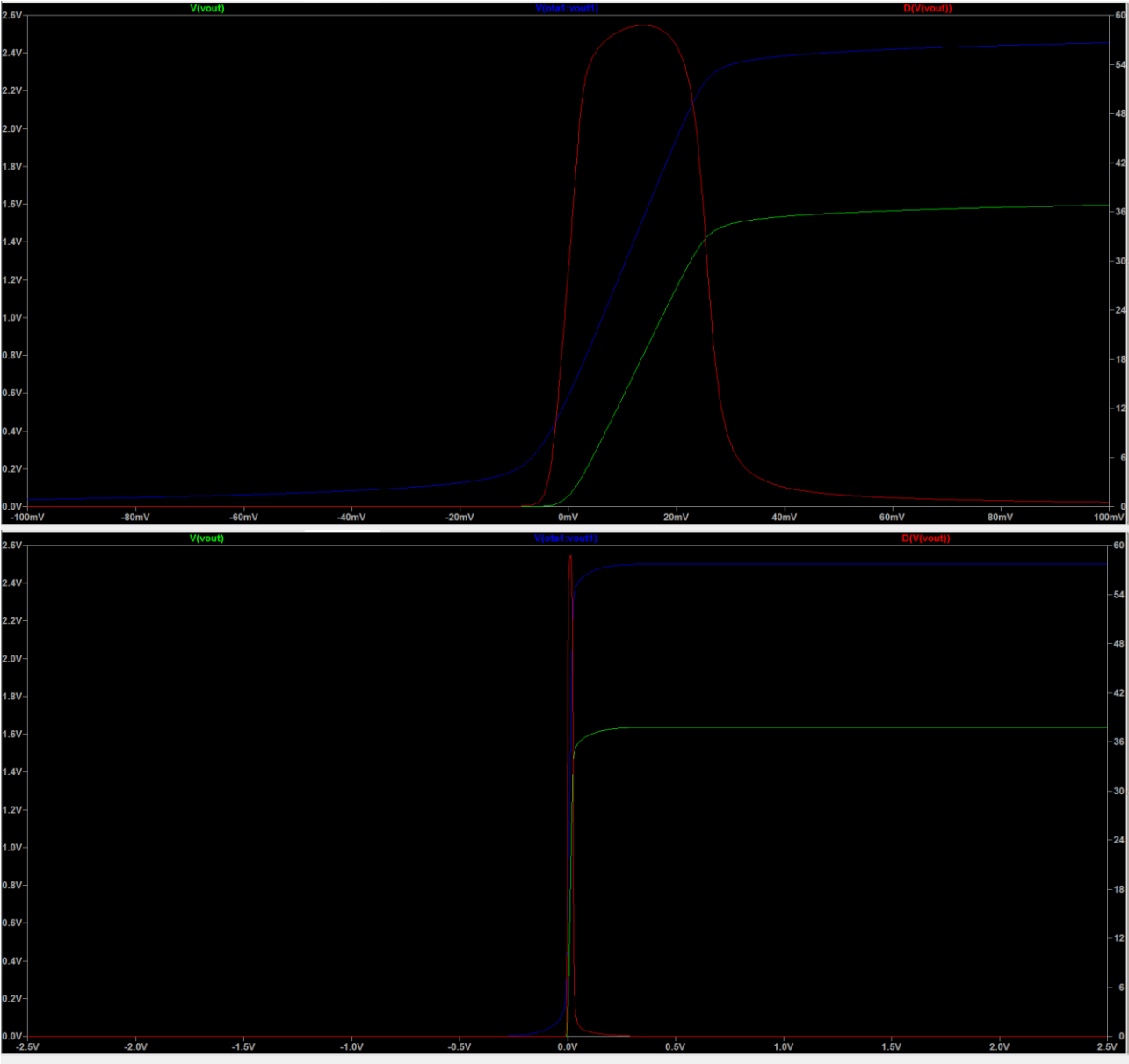
$V_c = 0\text{ V}$



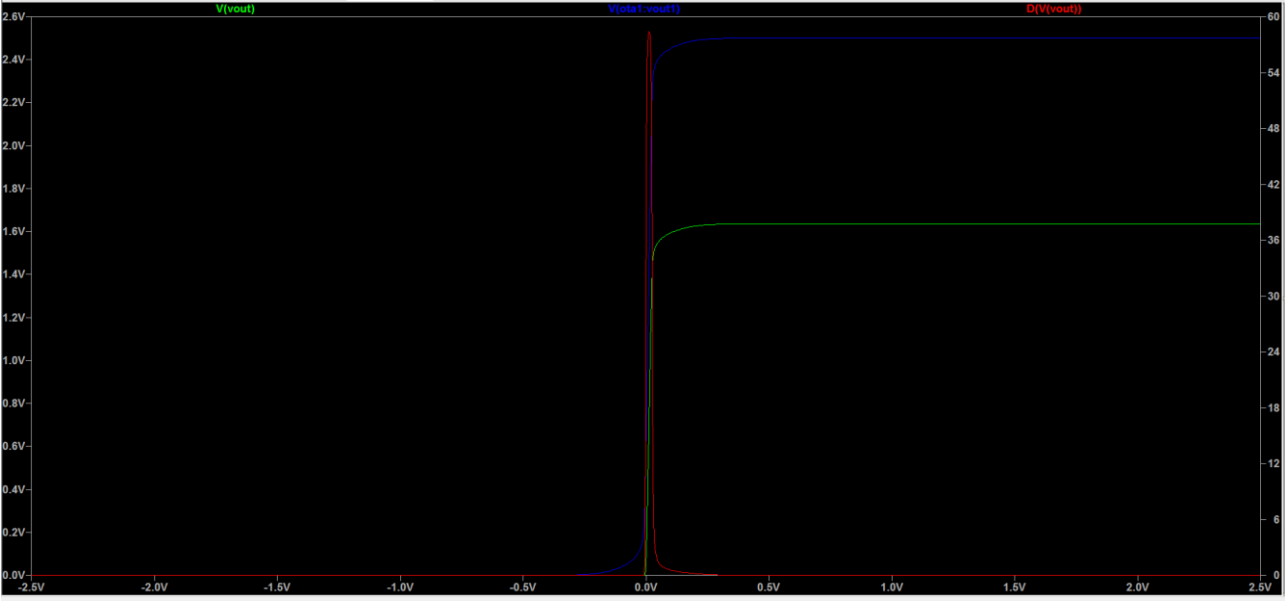
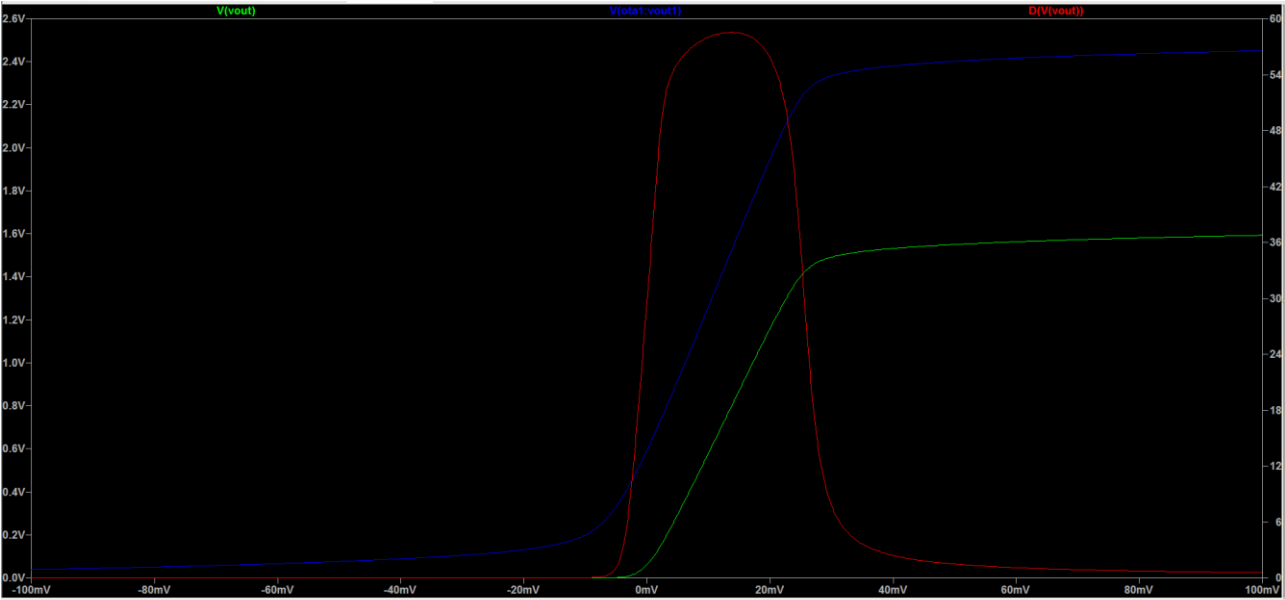
$V_c = 0.5\text{ V}$



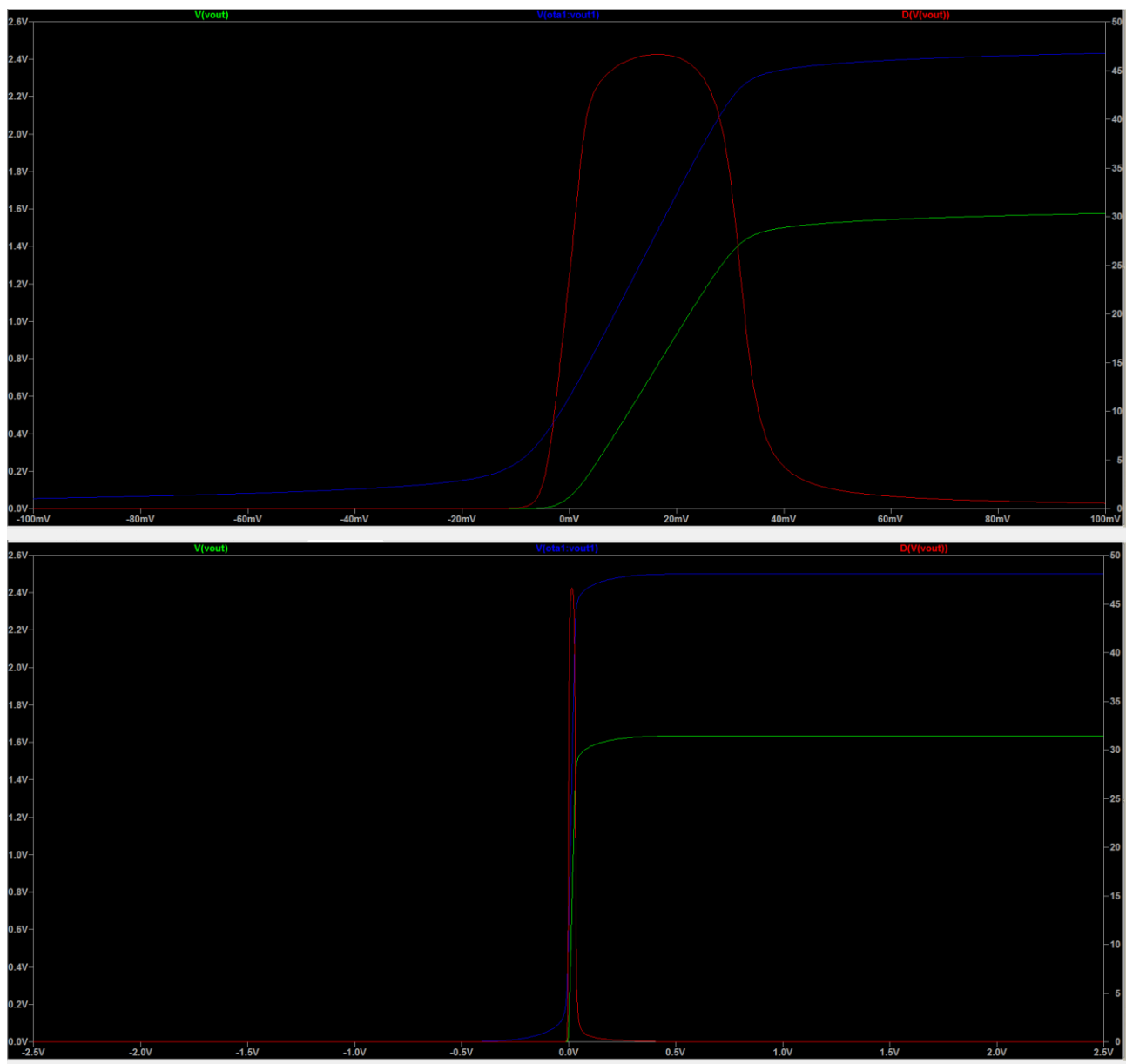
$V_c = 1.25\text{ V}$



$V_c = 2\text{ V}$



$V_c = 2.5\text{ V}$

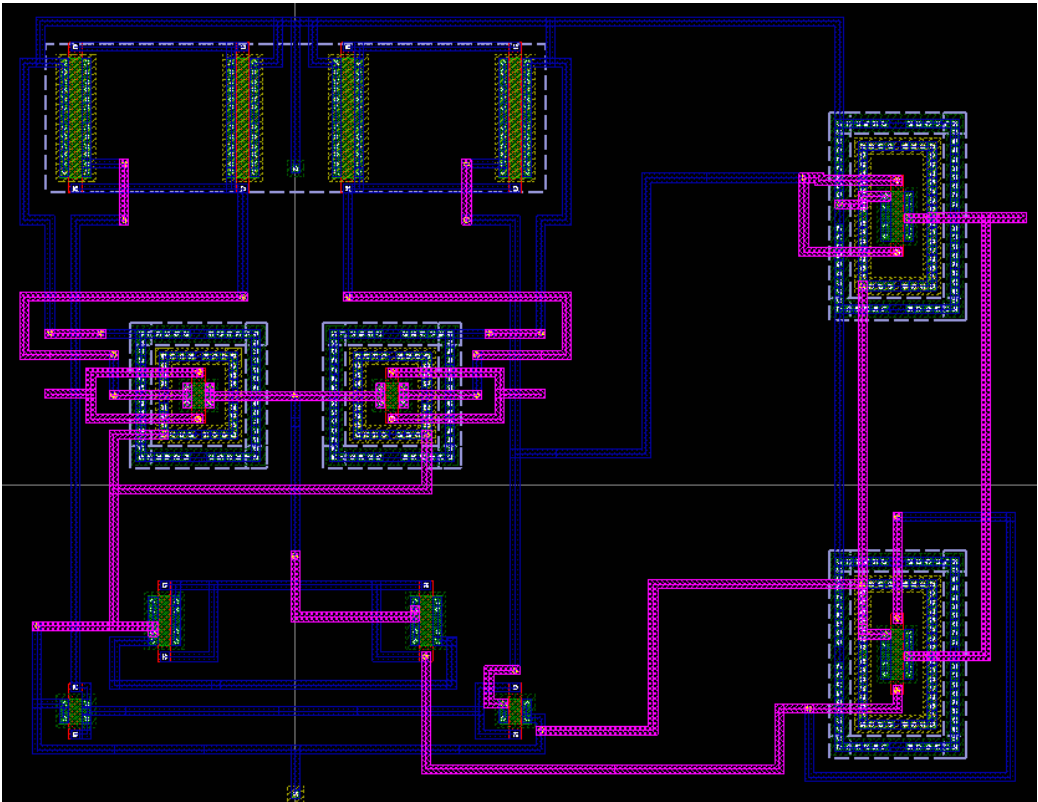


I risultati ottenuti dalle simulazioni sono concordi a quanto ipotizzato.

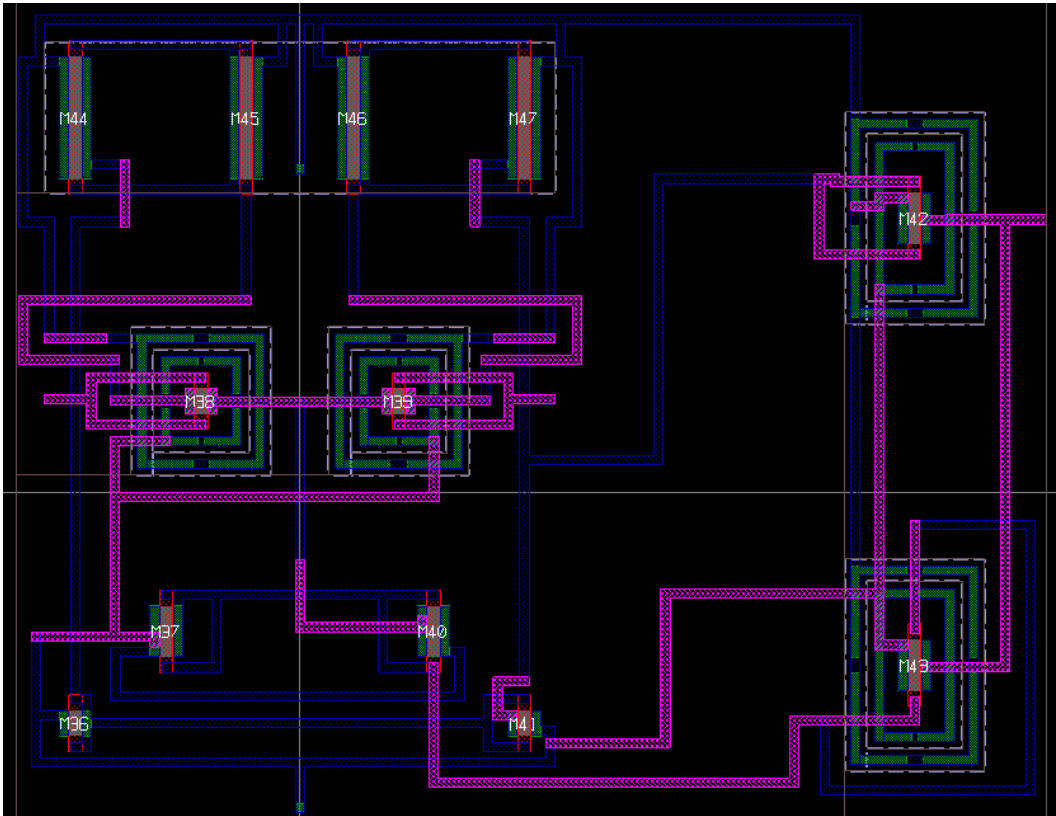
LTSPICE NETLIST

```
* C:\Users\Alessandro\Desktop\psm_work_OTA14062017\LTSpice\sch-home\DraftSCHEMATIC.asc
M1 N001 V1 N004 0 N_PSM025 l=1u w=1.944u
M2 N002 V2 N004 0 N_PSM025 l=1u w=1.944u
M3 N004 CurrentIN 0 0 N_PSM025 l=1u w=3.889u
M4 CurrentIN CurrentIN 0 0 N_PSM025 l=1u w=3.889u
M5 N003 N003 0 0 N_PSM025 l=1u w=1.944u
M6 Vout1 N003 0 0 N_PSM025 l=1u w=1.944u
M7 N001 N001 Vdd Vdd P_PSM025 l=1u w=9.333u
M8 N002 N002 Vdd Vdd P_PSM025 l=1u w=9.333u
M9 N003 N001 Vdd Vdd P_PSM025 l=1u w=9.333u
M10 Vout1 N002 Vdd Vdd P_PSM025 l=1u w=9.333u
M11 Vout CurrentIN 0 0 N_PSM025 l=1u w=3.889u
M12 Vdd Vout1 Vout 0 N_PSM025 l=1u w=3.889u
.model NMOS NMOS
.model PMOS PMOS
.lib C:\Users\Alessandro\Documents\LTspiceXVII\lib\cmp\standard.mos
.lib PSM025.mos
.backanno
.end
```

LAYOUT



EXTRACTED



DRC RESULT

INFO: Build connectivity graph, 8 tasks

INFO: Extract connectivity graph...

Check n_well

Check active

Check poly

Check p_plus

Check n_plus

Check contact

Check metal1

Check via

Check metal2

No Errors Detected

LVS RESULT (Parameter Tolerance 1%)

Gemini 2.7.4 Compiled on Feb 12 2016 at 10:38:27

Graph "C:\Users\Alessandro\Desktop\psm_work_OTA14062017\glade\OTA_extracted.cdl": Number of devices: 12

Number of nets: 11

Graph "C:\Users\Alessandro\Desktop\psm_work_OTA14062017\LTSpice\sch-home\netlist.net": Number of devices: 12

Number of nets: 11

The circuits are different.

0 size warnings.

13 (56%) matches were found by local matching

All nodes were matched in 9 passes

0 devices and 0 nets written to C:\Users\Alessandro\Desktop\psm_work_OTA14062017 -

Copia\glade\OTA.err

LVS RESULT (Parameter Tolerance 0%)

Gemini 2.7.4 Compiled on Feb 12 2016 at 10:38:27

Graph "C:\Users\Alessandro\Desktop\psm_work_OTA14062017\LTSpice\sch-home\OTA_extracted.cdl":

Number of devices: 12

Number of nets: 11

Graph "C:\Users\Alessandro\Desktop\psm_work_OTA14062017\LTSpice\sch-home\netlist.net": Number of devices: 12

Number of nets: 11

The circuits are different.

The following transistors do not match in size:

7\LTSpice\sch-home\OTA_extracted.cdl : 4062017\LTSpice\sch-home\netlist.net

(1) Device type n name1 MM7 name2: M11

s,d: n2 n8 : 0 Vout

g: n6 l/w: 1.000/3.889 : CurrentIN l/w: 1.000/3.889

(2) Device type n name1 MM4 name2: M3

s,d: n7 n2 : N004 0

g: n6 l/w: 1.000/3.889 : CurrentIN l/w: 1.000/3.889

(3) Device type n name1 MM6 name2: M12

s,d: n0 n8 : Vdd Vout

g: n1 l/w: 1.000/3.889 : Vout1 l/w: 1.000/3.889

(4) Device type n name1 MM1 name2: M4

s,d: n2 n6 : 0 CurrentIN

g: n6 I/w: 1.000/3.889 : CurrentIN I/w: 1.000/3.889

4 size warnings.

13 (56%) matches were found by local matching

All nodes were matched in 9 passes

4 devices and 0 nets written to C:\Users\Alessandro\Desktop\psm_work_OTA14062017\LTSpice\sch-home\OTA.err