

Procedimento transitorio:

- Per $t \rightarrow 0^-$,
 - calcolare variabile di stato prima dell'inizio del transitorio
 - In questa fase il **condensatore/induttore** si comporta come **circuito aperto/cortocircuito**
 - Sfrutterò nella fase 2 la continuità della variabile di stato
- Per $t \rightarrow 0^+$ (per var. **NON** di stato es. v_x, i_x),

- (Eventuale chiusura interruttore)
- Sfrutto **continuità variabile di stato**:
 $v_C(t_0^-) = v_C(t_0^+)$ / $i_L(t_0^-) = i_L(t_0^+)$
- Sostituisco al transitorio GENERATORE IDEALE DI TENSIONE/ CORRENTE con valore pari alla variabile di stato appena calcolata**

$$E = V_C(t \rightarrow 0^-) \quad I = I_L(t \rightarrow 0^-)$$

- Per $t \rightarrow \infty$ / $t > 0$:

- Soluzione di tipo esponenziale**

- Formule variabili di stato:

$$V_C(t) = V_{C\infty} + [V_C(0) - V_{C\infty}] e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$I_L(t) = I_{L\infty} + [I_L(0) - I_{L\infty}] e^{-\frac{t}{\tau}}$$

- Formule per le grandezze **non di stato**:

$$I_C(t) = I_{C\infty} + [I_C(0^+) - I_{C\infty}] e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$V_L(t) = V_{L\infty} + [V_L(0^+) - V_{L\infty}] e^{-\frac{t}{\tau}}$$

- Qui, siamo **ancora a regime**: il **condensatore/induttore** si comporta come **circuito aperto/cortocircuito**

- Cerco la variabile di stato per $t \rightarrow \infty$

- Cerco τ :

A. Mi serve R_{eq} ai morsetti di dove c'è transitorio

B. **Spengo generatori non pilotati**

C. uso **generatore sonda (c.g.)** - cerco corrente che passa sul ramo della sonda in funzione di V_S : $? \rightarrow I_S(V_S)$

$$R_{eq} = \frac{V_S}{I_S(V_S)}$$

D. Calcolo τ :

$$\tau = C \cdot R_{eq} = \frac{L}{R_{eq}}$$

Grafico

- Traccio asintoto
- Sfrutto **proprietà dell'esponenziale**: tangente al grafico in $t = 0$ interseca il valore asintotico dopo $\Delta t = \tau$
- Dopo $t = 5\tau$ la funzione assume valore asintotico

Box 3

Box 4

Box 5

Box 6

Box 7

Box 8

Formazione del Canale nei MOSFET

1. Zona OFF (o Cutoff):

- (a) Non c'è formazione del canale.
- (b) Il dispositivo è spento e non permette il flusso di corrente tra drain e source.

2. Zona Ohmica (o Triodo):

- (a) Si forma un canale.
- (b) Quando il gate è abbastanza polarizzato (cioè $V_{GS} > V_{Tn}$ per nMOS o $V_{GS} < V_{Tp}$ per pMOS), si forma un canale conduttivo tra il drain e il source.
- (c) Il dispositivo si comporta come un **resistore il cui valore varia in base alla tensione V_{GS}** .

3. Zona di Saturazione (o Pinch-off):

- (a) Si forma un canale.
- (b) Il canale diventa "strozzato" o "pinched-off" vicino al drain (per il nMOS) o vicino al source (per il pMOS).
- (c) Anche se la tensione V_{DS} aumenta ulteriormente, la corrente I_D rimane costante.
- (d) Questo comportamento è **analogo a quello di un generatore di corrente**.

Overdrive

Overdrive: quanto fortemente è acceso il transistor. Differenza fra **tensione G/S e soglia**.

$$V_{OV} = V_{GS} - V_T$$

dove $V_T = V_{Tn}$, $V_T = V_{Tp}$
a seconda che si tratti di **nMOS** o **pMOS**.

Ogni qualvolta in cui un transistor si trova in saturazione, la corrente che scorre da D a S sarà:

$$I_D = k(V_{GS} - V_T)^2 = k \cdot V_{OV}^2$$

nMOS e pMOS

Parametri di Transconduttanza:

$$K_n = \frac{1}{2} \mu_n C_{OX} \frac{W}{L} \quad \text{e} \quad K_p = -\frac{1}{2} \mu_p C_{OX} \frac{W}{L}$$

μ_n : Mobilità degli elettroni nel nMOS

μ_p : Mobilità delle lacune nel pMOS

C_{OX} : Capacità per unità di area dell'ossido gate

W : Larghezza del canale

L : Lunghezza del canale

nMOS:

1. Spegnimento (Cutoff):

$$V_{GS} < V_{Tn}$$

$$I_D = 0$$

Circuito aperto tra drain e source

2. Zona Ohmica (Triodo):

$$V_{GS} > V_{Tn}, \quad V_{DS} < V_{OV}$$

$$I_D = k_P [2(V_{GS} - V_{Tn})V_{DS} - V_{DS}^2]$$

Resistore controllato da tensione

3. Zona di Saturazione (Pinch-off):

$$V_{GS} > V_{Tn}, \quad V_{DS} > V_{OV}, \quad V_{GD} < V_{Tn}$$

Generatore di corrente controllato

pMOS: $I_D < 0, V_{DS} < 0$

1. Spegnimento (Cutoff):

$$V_{GS} > |V_{Tp}|$$

$$I_D = 0$$

Circuito aperto tra drain e source

2. Zona Ohmica (Triodo):

$$V_{GS} < V_{Tp}, \quad V_{SD} < V_{OV}$$

$$I_D = k_P [2(V_{GS} - V_{Tp})V_{DS} - V_{DS}^2]$$

Resistore controllato da tensione

3. Zona di Saturazione (Pinch-off):

$$V_{GS} < V_{Tp}, \quad V_{SD} > V_{OV}, \quad V_{GD} > V_{TP}$$

Generatore di corrente controllato

cMOS

cMOS (Inverter):

1. **Ingresso Alto (logica '1'):**
rete PULL-UP (pMOS ON SAT, nMOS OFF)

nMOS: $V_{GS} > V_{th}$ (Conduzione)

pMOS: $V_{GS} > V_{TP}$ (Cutoff)

Uscita: GND (logica '0')

2. **Ingresso Basso (logica '0'):**
rete PULL-DOWN (nMOS ON SAT, pMOS OFF)

nMOS: $V_{GS} < V_{th}$ (Cutoff)

pMOS: $V_{GS} < V_{TP}$ (Conduzione)

Uscita: VDD (logica '1')

3. **Zona intermedia: entrambi in saturazione**
[.....]

[grafico delle caratteristiche]
cMOS

AND/nAND**AND (AND/nAND):****1. Entrata:**

$$A = 0, \quad B = 0$$

Uscita: 0

2.

$$A = 0, \quad B = 1$$

Uscita: 0

3.

$$A = 1, \quad B = 0$$

Uscita: 0

4.

$$A = 1, \quad B = 1$$

Uscita: 1

XOR/nXOR**XOR (nXOR):****1. Entrata:**

$$A = 0, \quad B = 0$$

Uscita: 0

2.

$$A = 0, \quad B = 1$$

Uscita: 1

3.

$$A = 1, \quad B = 0$$

Uscita: 1

4.

$$A = 1, \quad B = 1$$

Uscita: 0

Box 19**OR/nOR****OR (nOR):****1. Entrata:**

$$A = 0, \quad B = 0$$

Uscita: 0

2.

$$A = 0, \quad B = 1$$

Uscita: 1

3.

$$A = 1, \quad B = 0$$

Uscita: 1

4.

$$A = 1, \quad B = 1$$

Uscita: 1

Box 17**Box 18****Box 20****Box 21**

Box 22

Box 23