

## CARATTERISTICHE D'USCITA MOS

### nMOS

REGIONE DI INTERDIZIONE (OFF):  
 $v_{GS} < V_{TH}$

$$i_D = 0$$

REGIONE DI SATURAZIONE:  
 $v_{GS} > V_{TH} \wedge v_{DS} > v_{GS} - V_{TH}$

$$i_D = \frac{\beta}{2}(v_{GS} - V_{TH})^2(1 + \lambda v_{DS})$$

REGIONE TRIODO (ON):  
 $v_{GS} > V_{TH} \wedge v_{DS} < v_{GS} - V_{TH}$

$$i_D = \beta v_{DS}(v_{GS} - V_{TH} - \frac{v_{DS}}{2})(1 + \lambda v_{DS})$$

### pMOS

$$v_{SD} = -v_{DS} \wedge v_{SG} = -v_{GS}$$

REGIONE DI INTERDIZIONE (OFF):  
 $v_{SG} < V_{TH}$

$$i_D = 0$$

REGIONE DI SATURAZIONE:  
 $v_{SG} > V_{TH} \wedge v_{SD} > v_{SG} - V_{TH}$

$$i_D = \frac{\beta}{2}(v_{SG} - V_{TH})^2(1 + \lambda v_{SD})$$

REGIONE TRIODO (ON):  
 $v_{SG} > V_{TH} \wedge v_{SD} < v_{SG} - V_{TH}$

$$i_D = \beta v_{SD}(v_{SG} - V_{TH} - \frac{v_{SD}}{2})(1 + \lambda v_{SD})$$

## CARATTERISTICHE D'USCITA BJT

REGIONE DI INTERDIZIONE (OFF):  
 $v_{BE} < V_\gamma$

$$i_C = 0$$

REGIONE ATTIVA:  
 $v_{BE} \geq V_\gamma \wedge v_{CE} > v_{CE,sat}$

$$i_C = \beta I_S(e^{v_{BE}/V_T} - 1)\left(1 + \frac{v_{CE}}{V_A}\right)$$

REGIONE DI SATURAZIONE (ON):  
 $v_{BE} \geq V_\gamma \wedge v_{CE} < v_{CE,sat}$

$$i_C = f(v_{BE}, v_{CE})$$

## APPLICAZIONI TRANSISTORI MOS

### ANALOGICHE

il transistor MOS si comporta da blocco funzionale analogico solo in **regione di saturazione**

può essere utilizzato come **AMPLIFICATORE**

### DIGITALI

$v_G$  può assumere due valori:  
- ALTO ( $v_G = V_{DD}$ )  
- BASSO ( $v_G = 0$ )  
solo in **regioni ON e OFF**

può essere utilizzato come **INTERRUTTORE CONTROLLATO DA  $v_G$**

### nMOS

ON →  $v_G = V_{DD}$

OFF →  $v_G = 0$

### pMOS

ON →  $v_G = 0$

OFF →  $v_G = V_{DD}$

## LINEARIZZAZIONE E PICCOLO SEGNALE MOS

il transistor MOS è un dispositivo non-lineare come il diodo. Si può linearizzare nell'intorno di un punto di lavoro separando componenti di polarizzazione e di piccolo segnale

in quanto dispositivo a 2 porte, ha 4 variabili

porta ingresso      porta uscita

$$i_G = I_G + i_g = 0$$

$$v_{GS} = V_{GS} + v_{gs}$$

$$i_D = I_D + i_d$$

$$v_{DS} = V_{DS} + v_{ds}$$

in regione di saturazione

$$i_D = \frac{\beta}{2} (v_{GS} - V_{TH})^2 (1 + \lambda v_{DS})$$

LINEARIZZANDO IN UN PUNTO DI LAVORO  $Q = (V_{GS}, V_{DS})$

$$i_g = 0$$

$$i_d = g_m v_{gs} + g_o v_{ds}$$

$$g_m = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}} \cong \sqrt{2I_D\beta}$$

$$g_o \cong \lambda I_D$$

$$g_i = g_r = 0$$

## LINEARIZZAZIONE E PICCOLO SEGNALE BJT

anche per il transistor BJT si può analogamente ricavare un circuito equivalente per il piccolo segnale

in regione attiva

LINEARIZZANDO IN UN PUNTO DI LAVORO  $Q = (V_{BE}, V_{CE})$

$$i_b = g_\pi v_{be}$$

$$i_c = g_m v_{be} + g_o v_{ce}$$

$$g_\pi = \frac{I_B}{V_T}$$

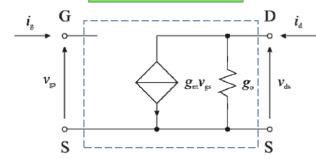
$$g_m \cong \frac{I_C}{V_T}$$

$$g_o \cong \frac{I_C}{V_A}$$

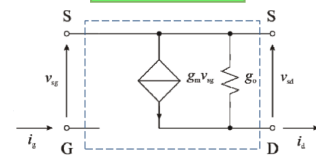
$$g_\mu \cong 0$$

## CIRCUITI EQUIVALENTI PICCOLO SEGNALE

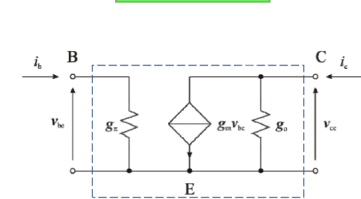
nMOS



pMOS



BJT



## EFFETTI REATTIVI MOS

per segnali che variano rapidamente, si manifestano effetti reattivi, descrivibili con capacità parassite in generale non-lineari.

analisi nel dom. di Laplace

a bassa frequenza  $|s| \rightarrow 0$

ad alta frequenza  $|s| \rightarrow \infty$

il transistor si comporta sempre meno come un blocco funzionale analogico

