

Eng04075 – Eletrônica Digital I

Aula 2

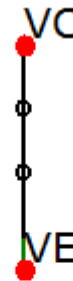
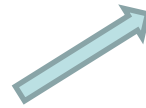
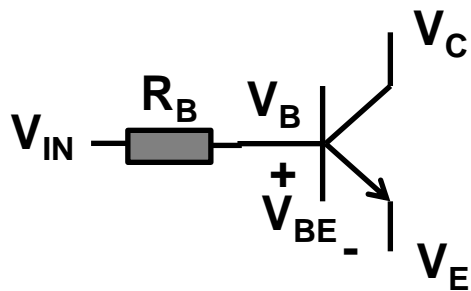
Sumário

- Curvas de Transferência
- Margens de Ruído
- Chaves Controladas & Inversores

Características Elétricas

- Chaves - transistores TJB -

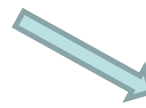
Chave controlada c/
Transistor **NPN**



V_{IN} 'alto' (nível '1')

Chave 'on' (ligada)

Resistência baixa entre V_C e V_E



V_{IN} 'baixo' (nível '0')

Chave 'off' (desligada)

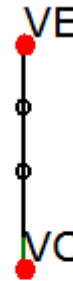
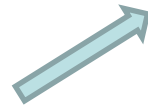
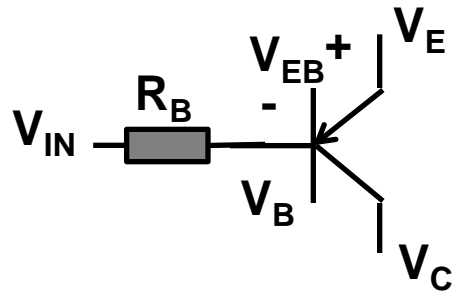
Resistência alta entre V_C e V_E

- Liga com V_{IN} "alto" ($V_{BE} \approx 0.7V$) (nível '1')
- Desliga com V_{IN} "baixo" (nível '0')

Características Elétricas

- Chaves - transistores TJB -

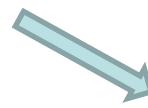
Chave controlada c/
Transistor **PNP**



V_{IN} 'baixo' (nível '0')

Chave 'on' (ligada)

Resistência baixa entre V_E e V_C



V_{IN} 'alto' (nível '1')

Chave 'off' (desligada)

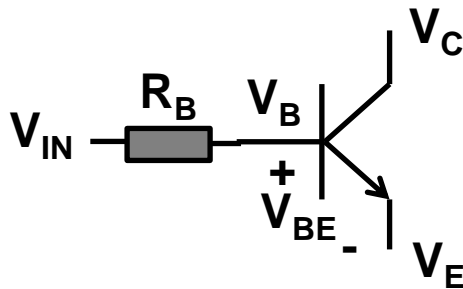
Resistência alta entre V_E e V_C

- Liga com V_{IN} "baixo" ($V_{EB} \approx 0.7V$) (nível '0')
- Desliga com V_{IN} "alto" (nível '1')

Características Elétricas

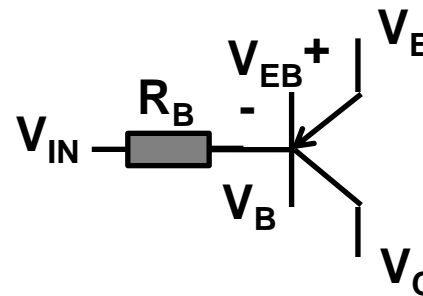
- Chaves - transistores TJB -

Chave controlada c/
Transistor **NPN**



- Liga com V_{IN} “alto” ($V_{BE} \approx 0.7V$) (nível ‘1’)
- Desliga com V_{IN} “baixo” (nível ‘0’)

Chave controlada c/
Transistor **PNP**

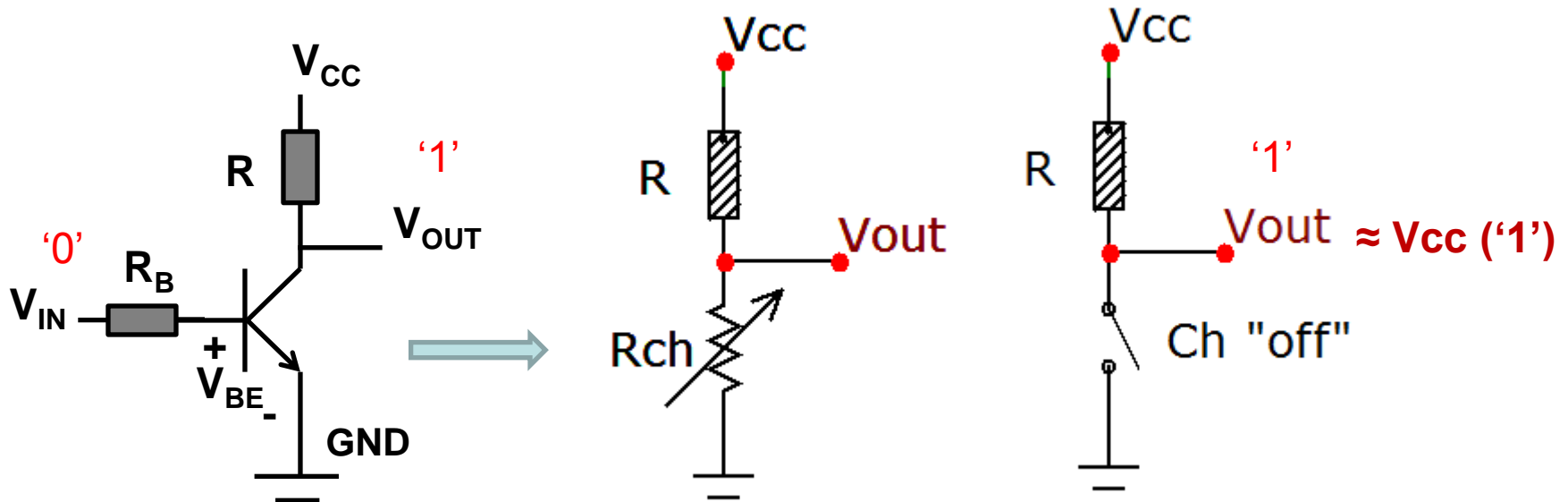


- Liga com V_{IN} “baixo” ($V_{EB} \approx 0.7V$) (nível ‘0’)
- Desliga com V_{IN} “alto” (nível ‘1’)

Características Elétricas

- Inversor c/ TJB - exemplo

Resistências + NPN



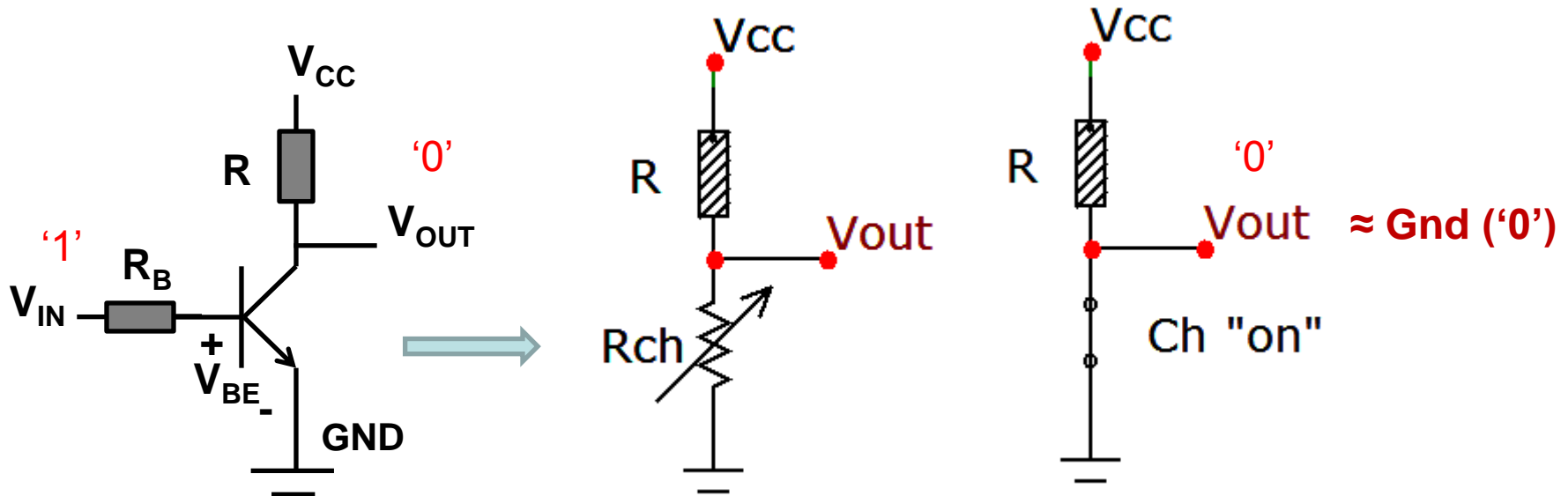
Nível 'alto' ('H' ou '1') em V_{OUT}

➤ $R_{ch} \gg R \rightarrow V_{OUT} \approx +V_{CC}$ ('1')

Características Elétricas

- Inversor c/ TJB - exemplo

Resistências + NPN



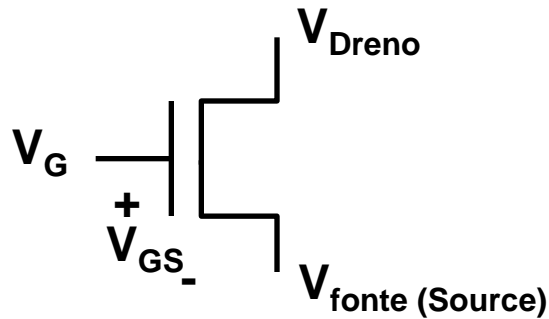
Nível 'baixo' ('L' ou '0') em V_{OUT}

➤ $R_{ch} \ll R \rightarrow V_{OUT} \approx 0 \text{ (GND)} \text{ ('0')}$

Características Elétricas

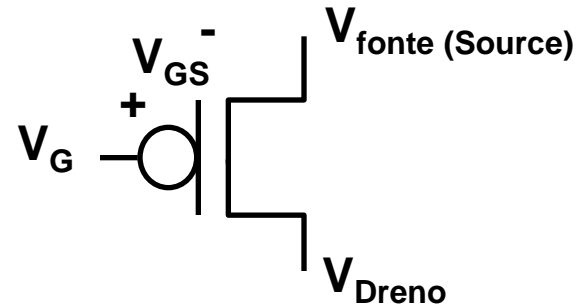
- Chaves - transistores MOS -

NMOS



- Liga com V_G “alto” ($V_{GS} > V_T$) (nível ‘1’)

PMOS



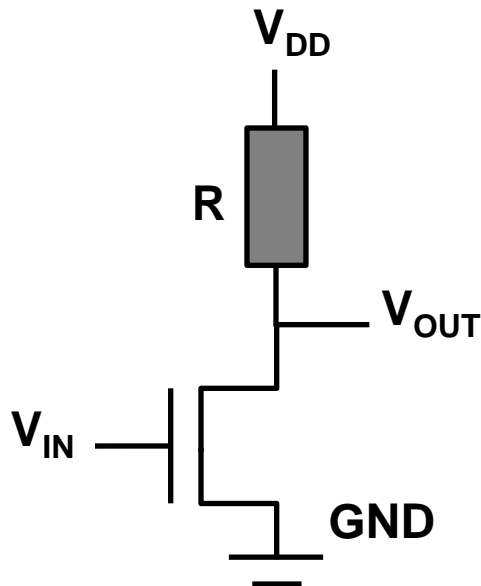
- Liga com V_G “baixo” ($|V_{GS}| > |V_T|$) (nível ‘0’)

Obs: V_B (tensão do substrato) foi omitida por simplicidade

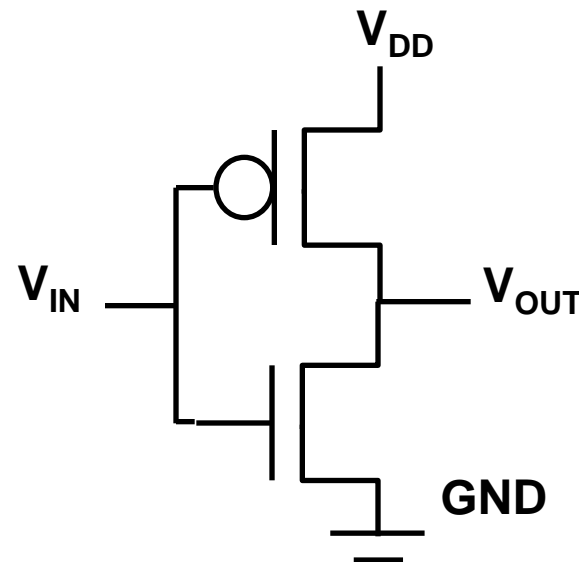
Características Elétricas

- Inversores MOS - exemplos

Resistência + NMOS



NMOS + PMOS = CMOS

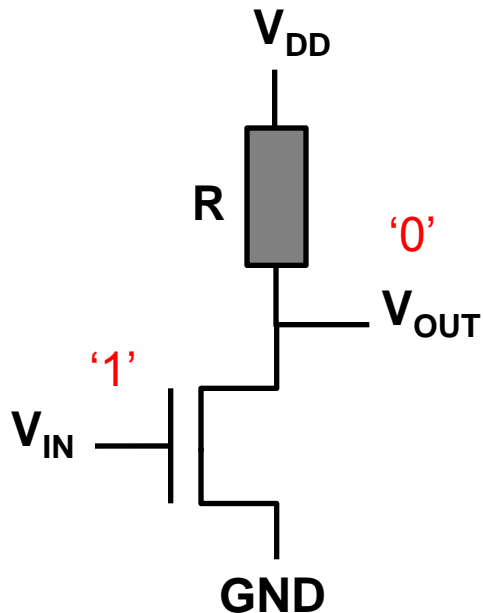


Obs: V_B (tensão do substrato) foi omitida por simplicidade

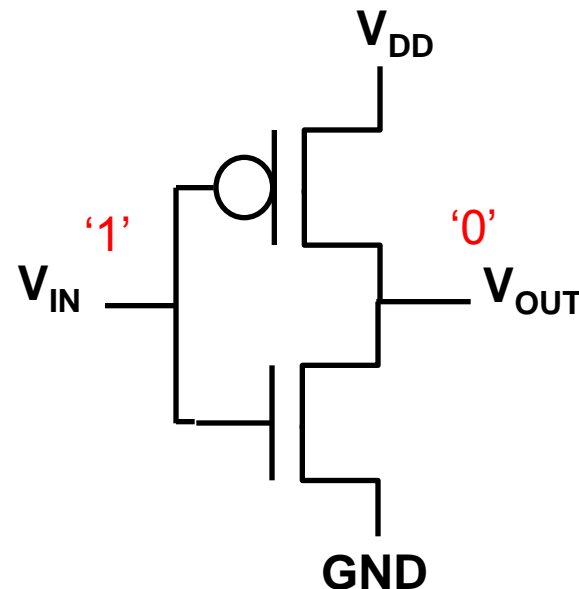
Características Elétricas

- Inversores MOS - exemplos

Resistência + NMOS



NMOS + PMOS = CMOS

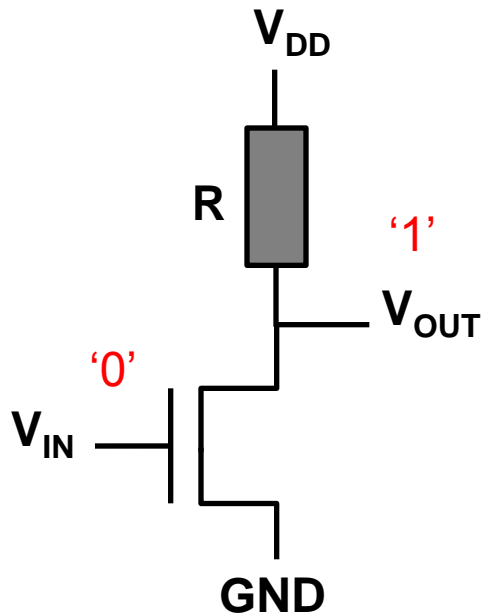


Obs: V_B omitido por simplicidade

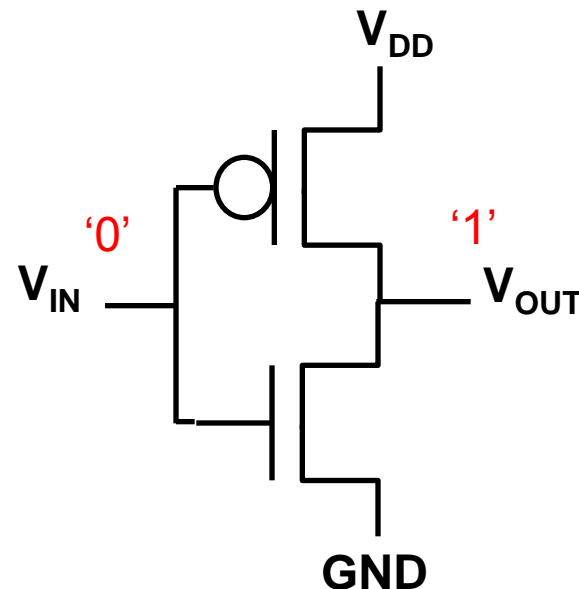
Características Elétricas

- Inversores MOS - exemplos

Resistência + NMOS



NMOS + PMOS = CMOS

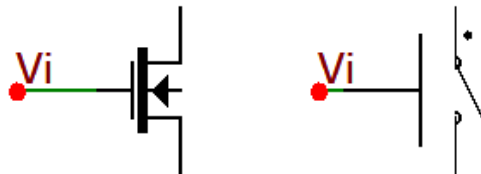


Obs: V_B omitido por simplicidade

Características Elétricas

- Chaves - transistores MOS -

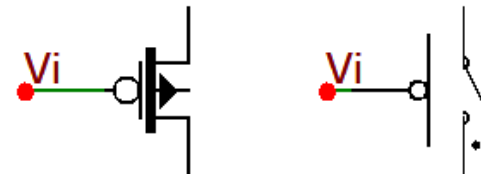
Chave NMOS
liga 'ON' c/ V_i em **Nível alto 'H'**



**Símbolo
Padrão**

**Símbolo
Equivalente**

Chave PMOS
liga 'ON' c/ V_i em **Nível baixo 'L'**



**Símbolo
Padrão**

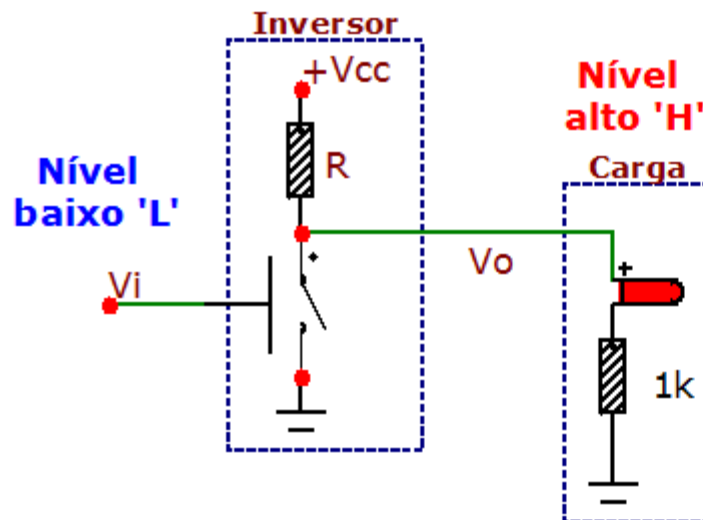
**Símbolo
Equivalente**

Características Elétricas

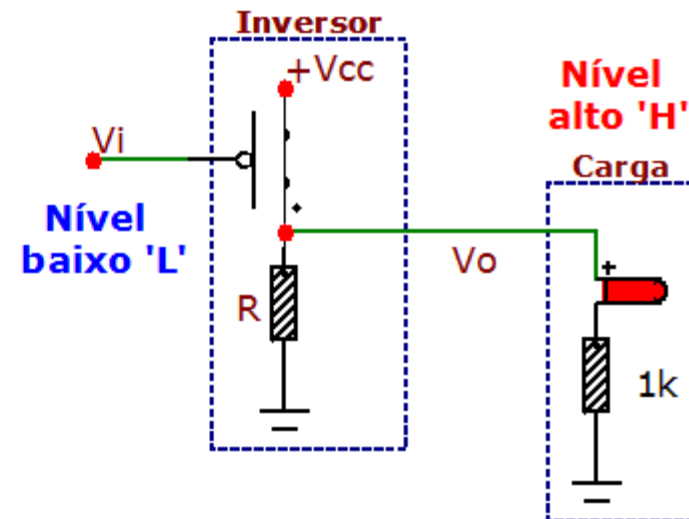
- Inversores NMOS e PMOS -

Inversores

a) R + chave NMOS



b) R + chave PMOS

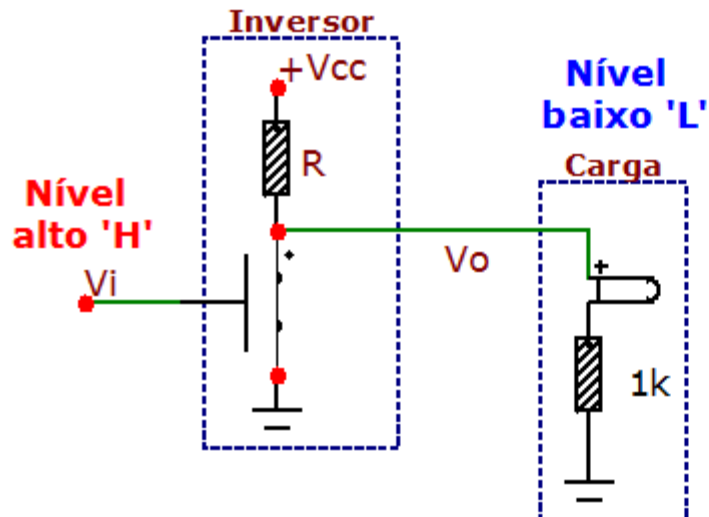


Características Elétricas

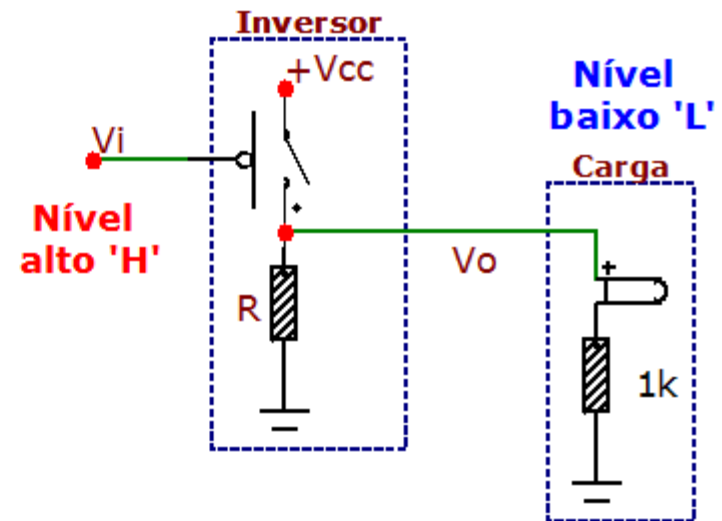
- Inversores NMOS e PMOS -

Inversores

a) R + chave NMOS



b) R + chave PMOS

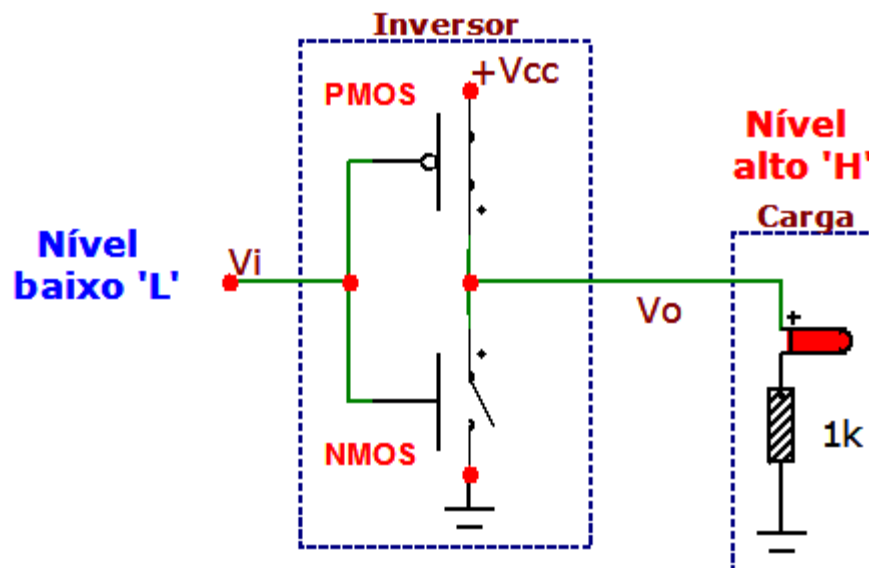


Características Elétricas

- Inversores CMOS -

Inversor CMOS

c) chave NMOS + chave PMOS



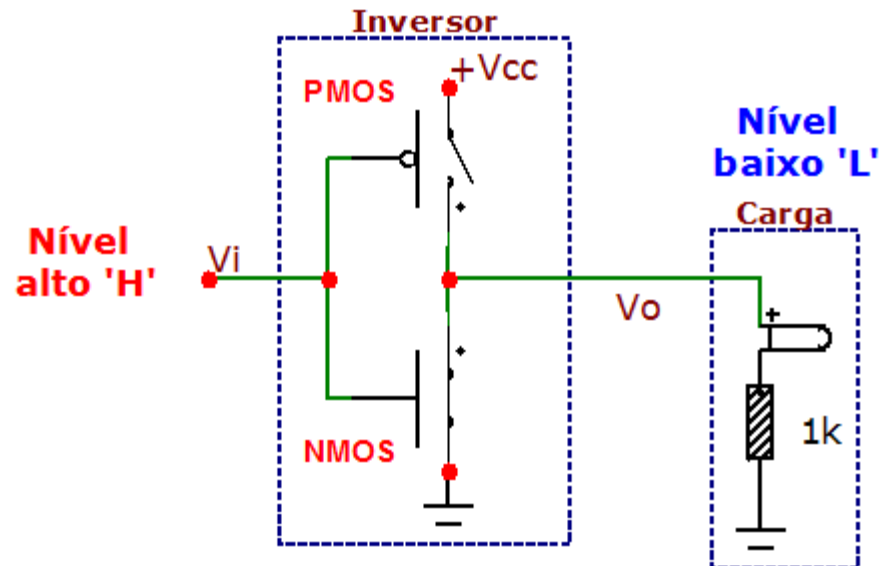
- $V_i = 'L'$
=> PMOS 'on'
=> NMOS 'off'
=> $V_o = 'H'$

Características Elétricas

- Inversores CMOS -

Inversor CMOS

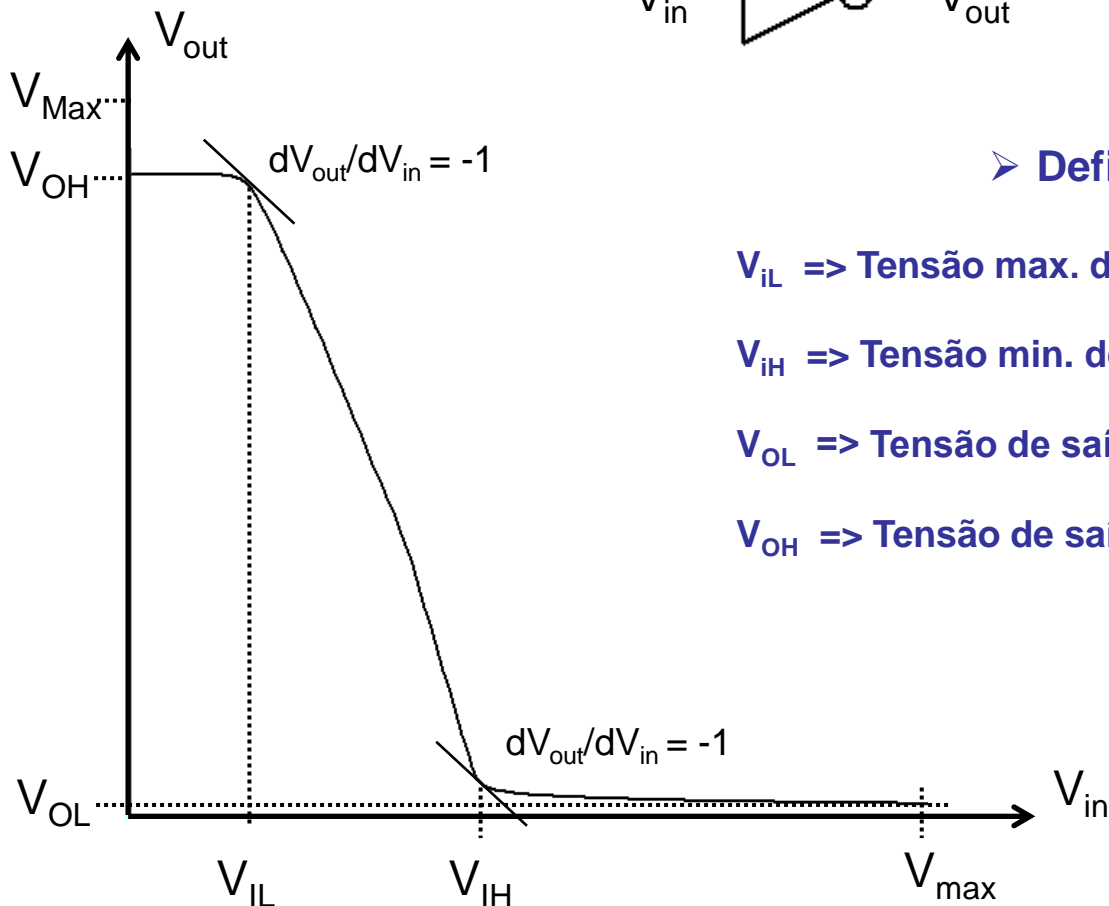
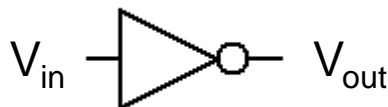
c) chave NMOS + chave PMOS



- $V_i = \text{'H'}$
⇒ PMOS 'off'
⇒ NMOS 'on'
⇒ $V_o = \text{'L'}$

Características Elétricas

Inversor – Curva de Transferência



➤ Definições

V_{iL} => Tensão max. de entrada p/ nível baixo ('L')

V_{iH} => Tensão min. de entrada p/ nível alto ('H')

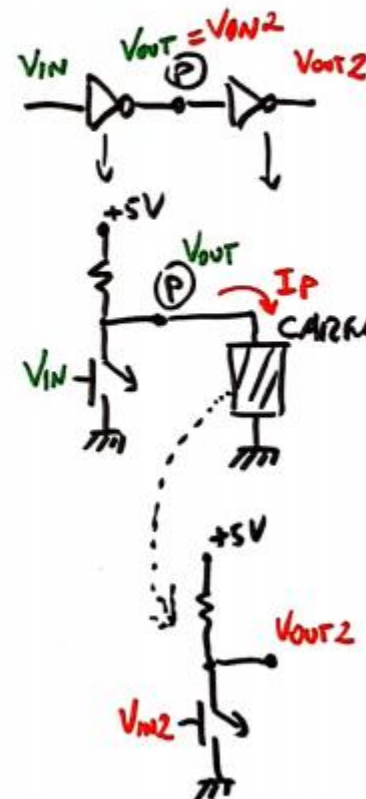
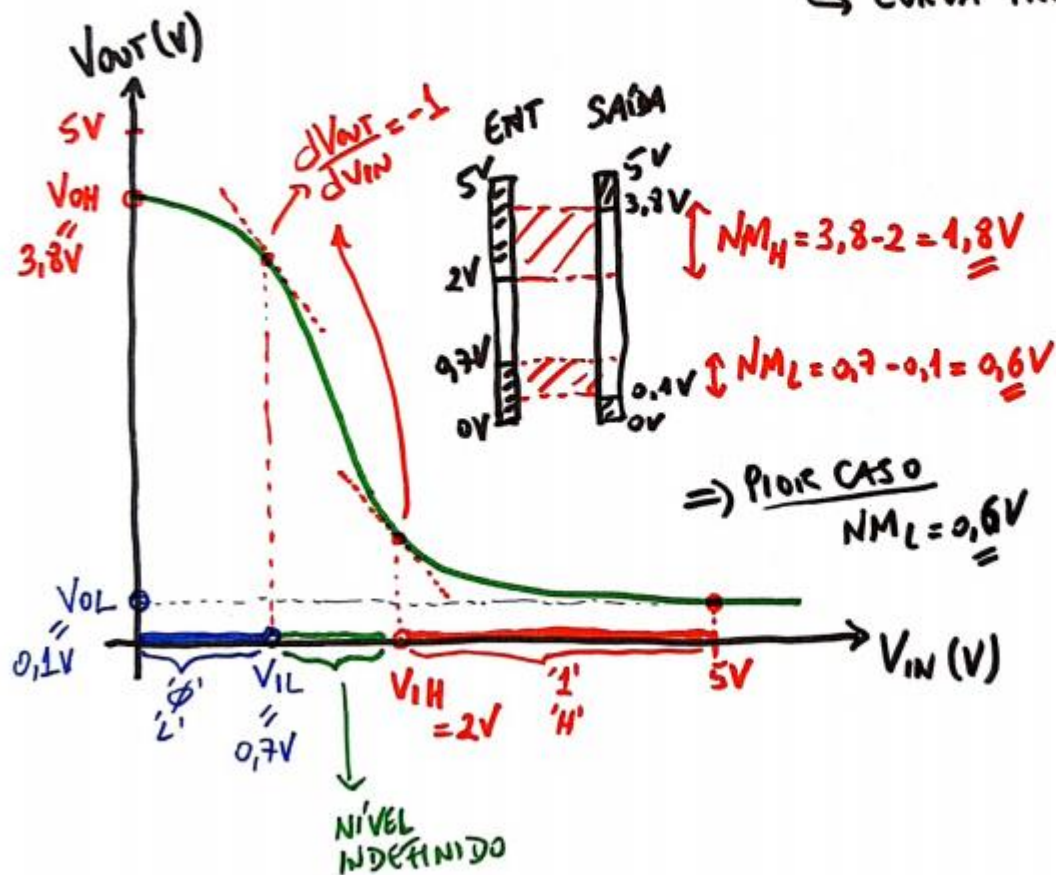
V_{oL} => Tensão de saída no nível baixo ('L')

V_{oH} => Tensão de saída no nível alto ('H')

ENG04075 - EL. DIGITAL I - AULA 2

25/AGO/20

MARGENS DE RUÍDO $\Rightarrow V_{IL}, V_{IH}; V_{OH}, V_{OL}$
 \hookrightarrow CURVA TRANSFERÊNCIA



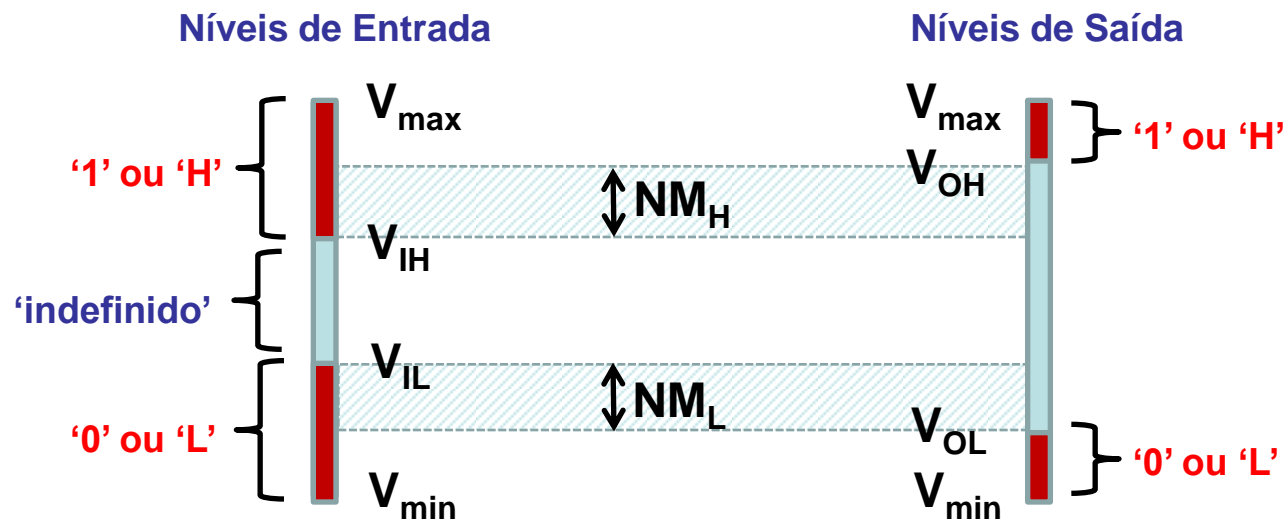
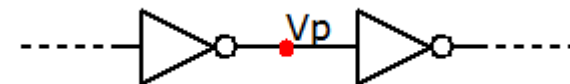
Níveis Lógicos

Margens de Ruído – “Noise Margins”

➤ Tecnologia com tensão máxima V_{\max} e tensão mínima V_{\min}

➤ $NM_H = V_{OH} - V_{IH} \Rightarrow$ Margem de Ruído de Nível ‘alto’)

➤ $NM_L = V_{IL} - V_{OL} \Rightarrow$ Margem de Ruído de Nível ‘baixo’)



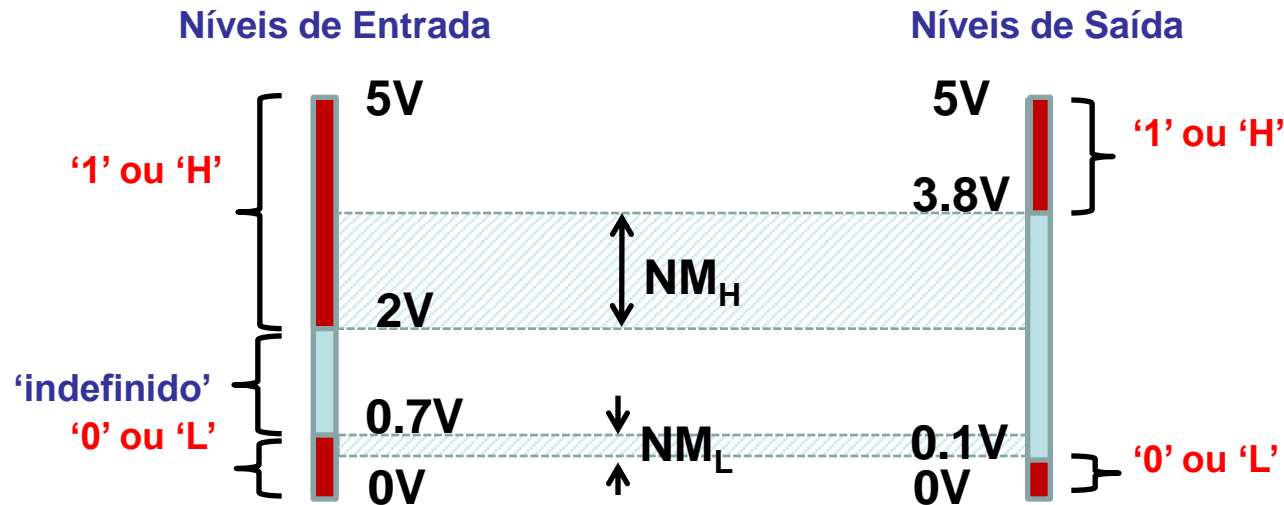
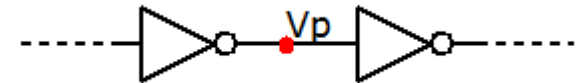
Níveis Lógicos

Margens de Ruído

➤ Tecnologia TTL com tensão máxima 5V e tensão mínima 0V

➤ $NM_H = 3.8 - 2 = 1.8V$

➤ $NM_L = 0.7 - 0.1 = 0.6V$



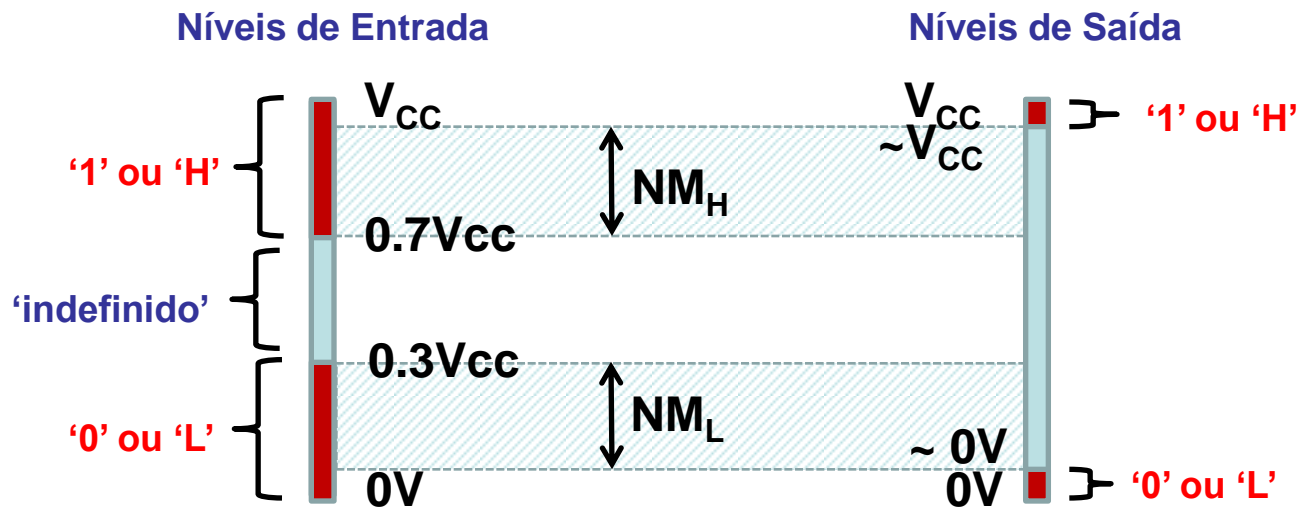
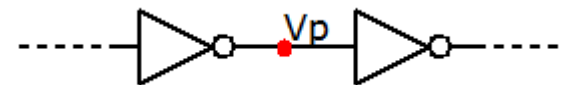
Níveis Lógicos

Margens de Ruído

➤ Tecnologia CMOS com tensão máxima V_{cc} e tensão mínima 0V

➤ $NM_H = V_{cc} - 0.7V_{cc} = 0.3V_{cc}$

➤ $NM_L = 0.3V_{cc} - 0 = 0.3V_{cc}$



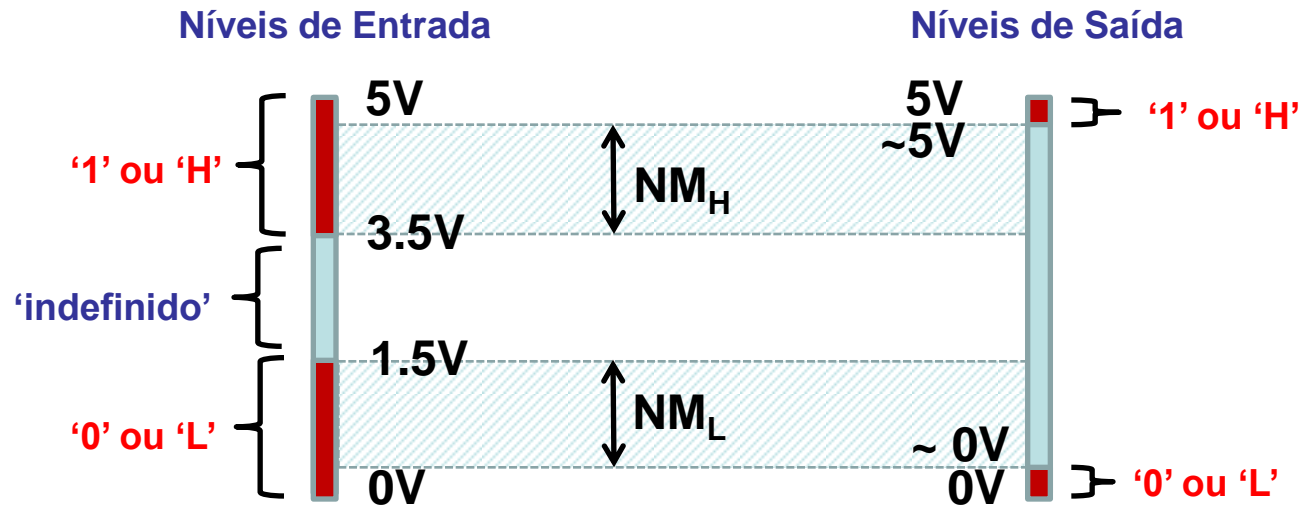
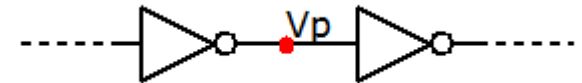
Níveis Lógicos

Margens de Ruído

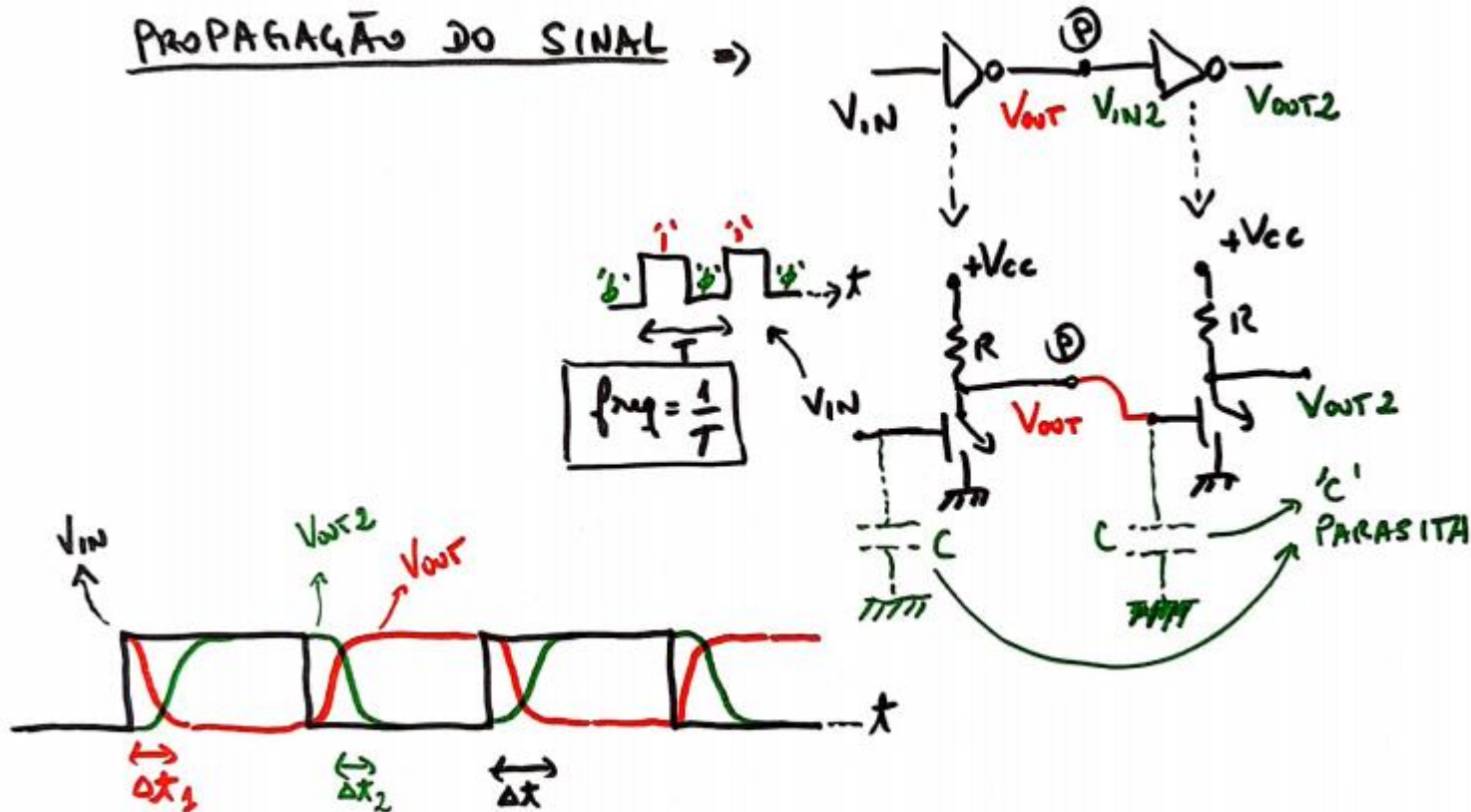
➤ Tecnologia CMOS com tensão máxima 5V e tensão mínima 0V

➤ $NM_H = 5 - 3.5 = 1.5V$

➤ $NM_L = 1.5 - 0 = 1.5V$

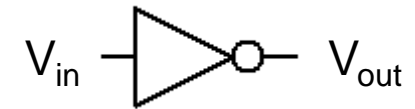
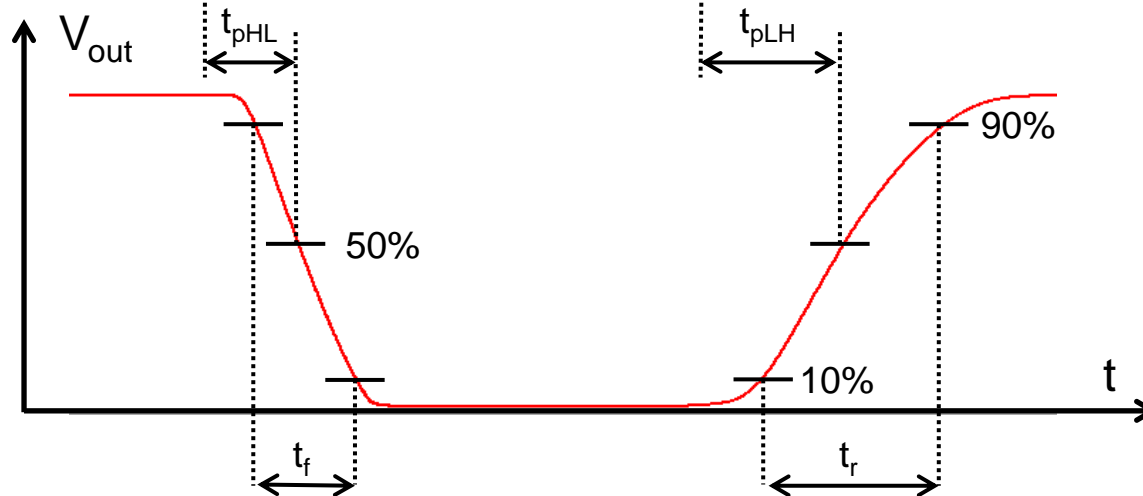
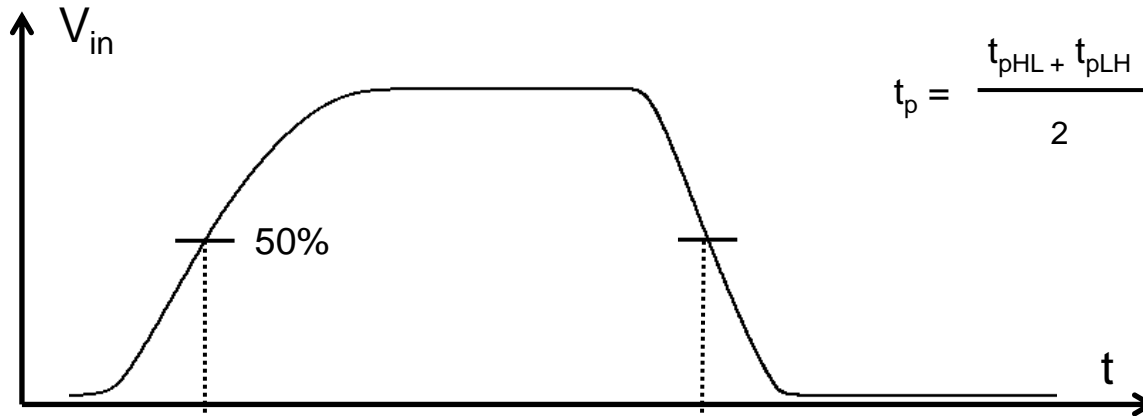


PROPAGAGAÃO DO SINAL \Rightarrow



Características Elétricas

Propagação do Sinal



➤ Definições

t_p => Tempo de propagação

t_f => Tempo de descida ('fall')

t_r => Tempo subida ('rise')

t_{pHL} => Tempo de prop. 'H' p/ 'L'

t_{pLH} => Tempo de prop. 'L' p/ 'H'