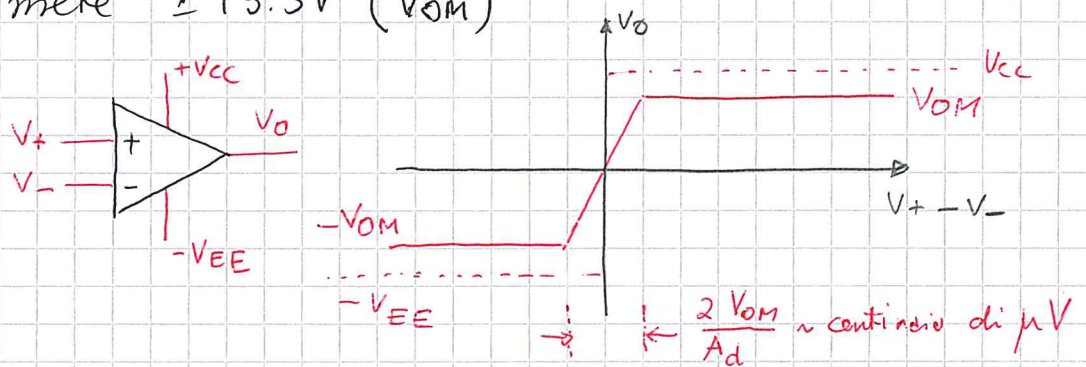


## Usi non lineari dell' OpAmp

In assenza di feedback o con un feedback positivo l'opAmp si satura alla tensione di alimentazione positiva o negativa, in dipendenza da come sono bilanciati gli ingressi.

L'effettiva tensione di uscita è inferiore alle tensioni di alimentazione, a causa della polarizzazione dei componenti interni dell'opAmp.

Per un'alimentazione  $\pm 15V$  la tensione di uscita raggiunge tipicamente  $\pm 13.5V$  ( $V_{OM}$ )

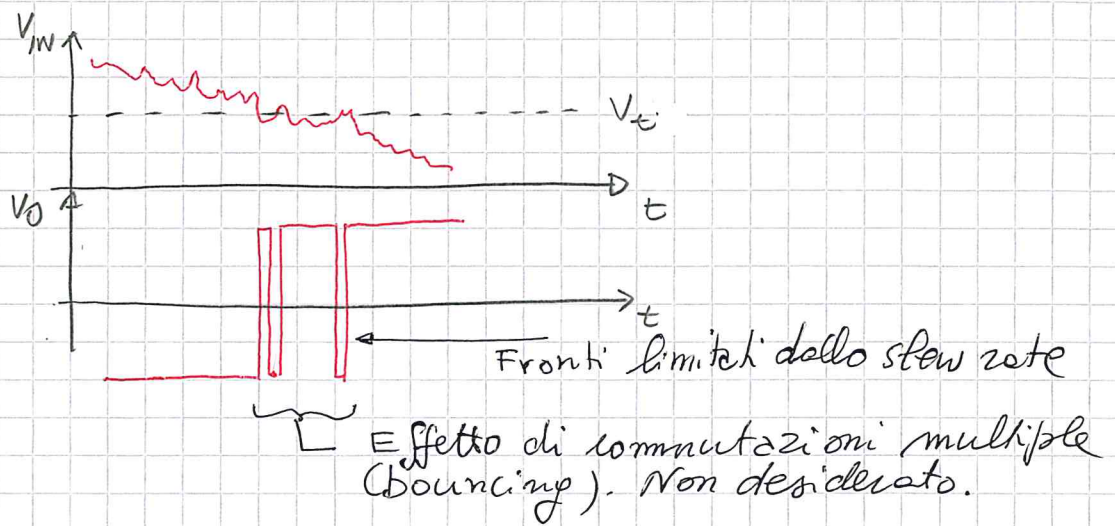


### a. Comparatore

Fornisce un segnale alto/basso a seconda che il segnale in ingresso sia superiore/inferiore ad una soglia prefissata  $V_{th}$  (o viceversa scambiando gli ingressi)



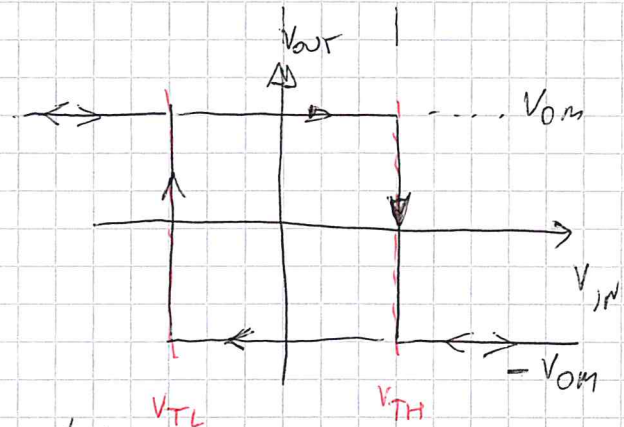
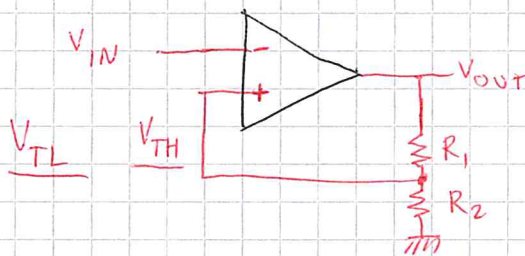
Il momento di passaggio della soglia non è ben definito, perché bastano piccole variazioni ( $< 1mV$ ) per passare tra i due stati alto/basso.



## b) Trigger di Schmidt (isteresi)

Usando feedback positivo si può modificare le soglie del comparatore a seconda dello stato dell'uscita.

- Centrata a 0

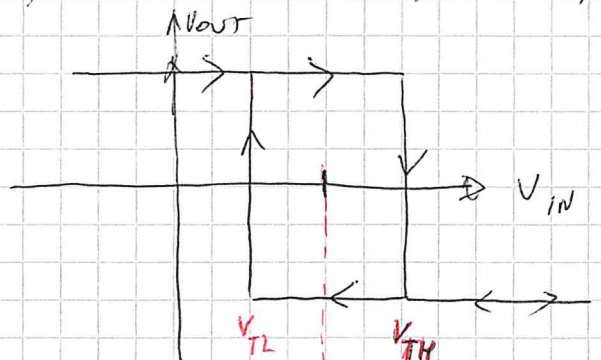
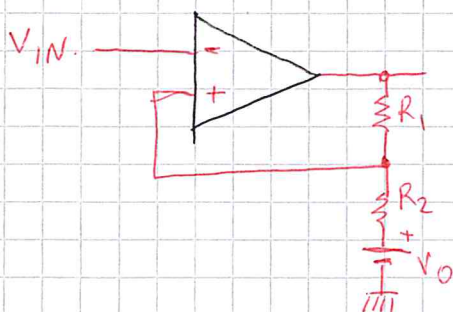


$$V_{TH} = V_+ = \frac{V_{om}}{1 + R_1/R_2} \quad \text{se l'uscita è positiva}$$

$$V_{TL} = V_+ = -\frac{V_{om}}{1 + R_1/R_2} \quad \text{se l'uscita è negativa}$$

Soglie dipende dall'uscita

- Posso spostarle in modo che non sia centrata sullo 0

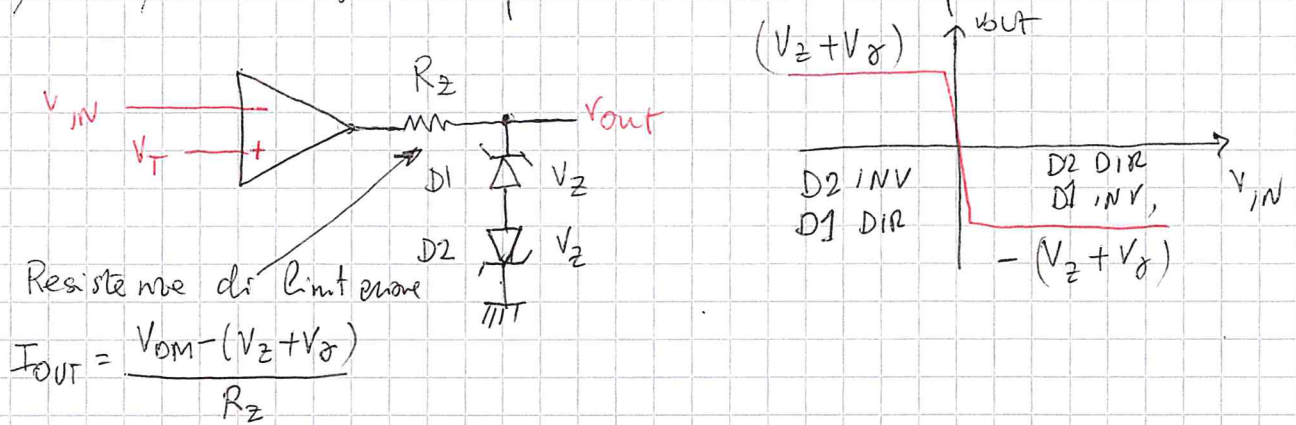


$$V_{TH} = \frac{V_{om}}{1 + R_1/R_2} + \frac{V_0}{1 + R_2/R_1}$$

$$V_{TL} = -\frac{V_{om}}{1 + R_1/R_2} + \frac{V_0}{1 + R_2/R_1}$$

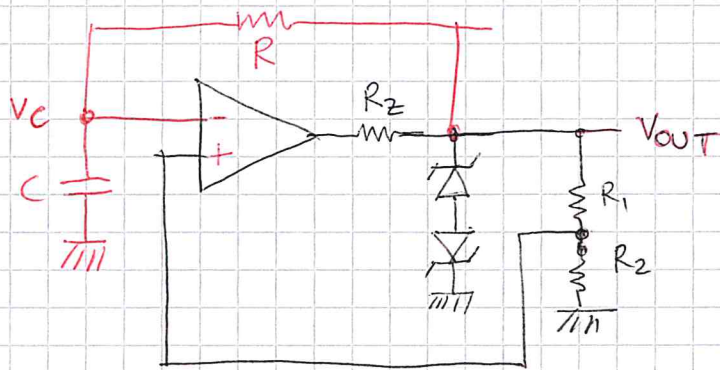


- Si può ridurre l'escursione in tensione sull'uscita del comparatore con una clamp a Zener.



Se non mettessi resistenze di limitazione, le correnti sarebbero limitate solo dalle resistenze di uscita dell'opamp

- c) Multivibratore astabile - oscillatore onde quadre  
Trigger di Schmidt con input collegato a RC



C si scarica/carica attraverso R

fino a quando non raggiunge la tensione di soglia nel

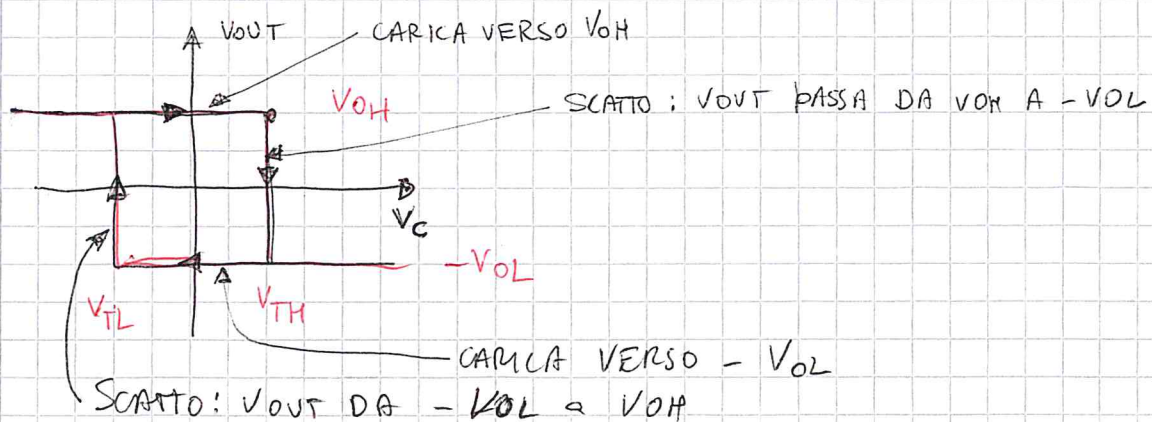
precedente + → SCATTO.

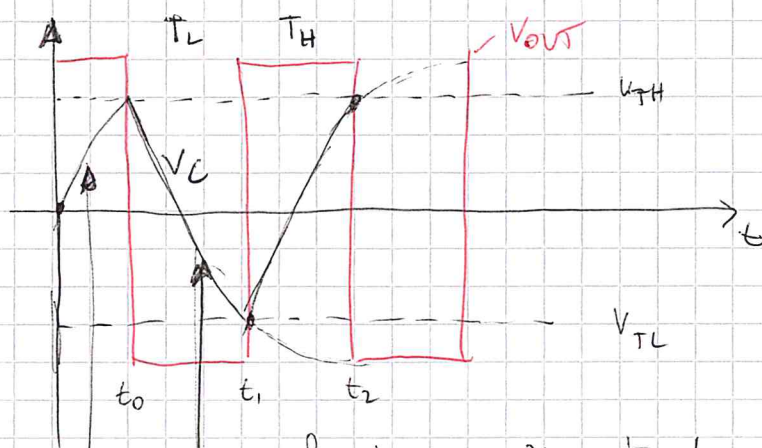
$$V_{OH} = V_Z + V_D \quad \left. \begin{array}{l} \text{OUT HIGH} \\ \text{OUT LOW} \end{array} \right\}$$

$$-V_{OL} = -(V_Z + V_D)$$

$$V_{TH} = V_{OH} / (1 + R_1/R_2) \quad \text{Threshold High}$$

$$V_{TL} = -V_{OL} / (1 + R_1/R_2) \quad \text{Threshold Low}$$





$$\tau = RC$$

esp che inizia a  $V_{TH}$ , tende a  $-V_{OL}$ , si ferma a  $V_{TL}$   
 primo ciclo che parte da 0, più corto

$$T_L: V_C(t) = -V_{OL} + A e^{-(t-t_0)/\tau} \quad \text{con } V_C(t_0) = V_{TH} \Rightarrow A = V_{TH} + V_{OL}$$

$$V_C(t_1) = V_{TL} \Rightarrow e^{-T_L/\tau} = \frac{V_{TL} + V_{OL}}{V_{TH} + V_{OL}}$$

$$T_L = \tau \ln \left[ \frac{V_{TH} + V_{OL}}{V_{TL} + V_{OL}} \right] = \tau \ln \left[ \frac{1 + V_{TH}/V_{OL}}{1 + V_{TL}/V_{OL}} \right] =$$

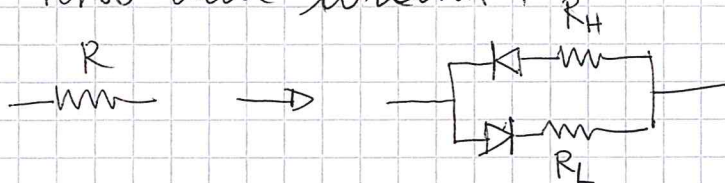
$$= \tau \ln \left[ \frac{1 + \frac{V_{OH}}{V_{OL}} \frac{1}{1 + R_1/R_2}}{1 - \frac{1}{1 + R_1/R_2}} \right] = \tau \ln \left[ \frac{(1 + R_1/R_2) + V_{OH}/V_{OL}}{R_1/R_2} \right] =$$

$$= \tau \ln \left[ 1 + \left( 1 + \frac{V_{OH}}{V_{OL}} \right) \frac{R_2}{R_1} \right] \stackrel{V_{OH}=V_{OL}}{=} \tau \ln \left[ 1 + 2 \frac{R_2}{R_1} \right]$$

$$T_H: V_{OL} \Leftrightarrow V_{OH} \rightarrow \tau \ln \left[ 1 + \left( 1 + \frac{V_{OL}}{V_{OH}} \right) \frac{R_2}{R_1} \right] \stackrel{V_{OH}=V_{OL}}{=} \tau \ln \left[ 1 + 2 \frac{R_2}{R_1} \right]$$

$$T = T_L + T_H = 2\tau \ln \left( 1 + 2 \frac{R_2}{R_1} \right) \quad \text{indipendente da } V_2$$

• Per avere  $T_L \neq T_H$  posso rendere  $R$  dipendente dal verso delle corrente:



$$\tau_H = R_H C, \quad \tau_L = R_L C$$

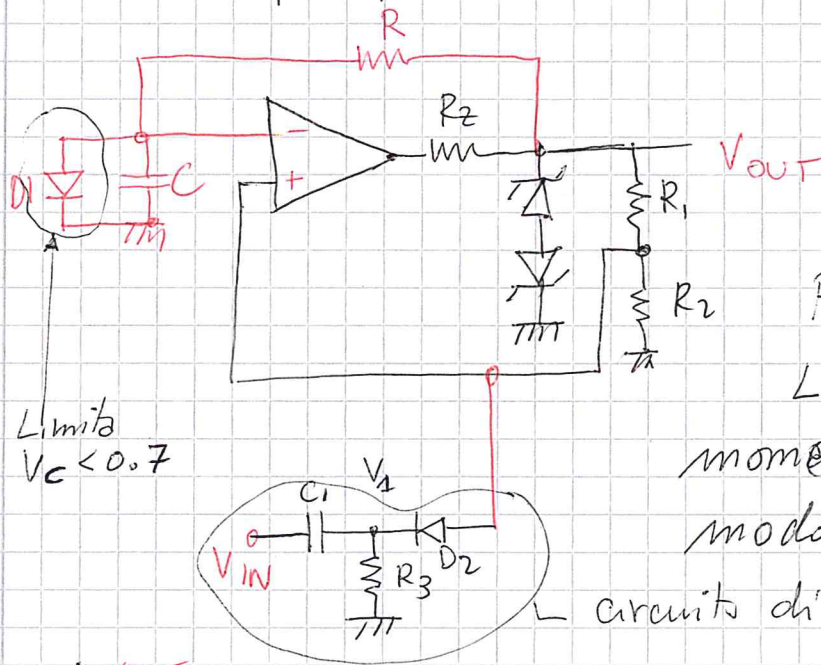
$$T_{L,H} = \tau_{L,H} \ln \left( 1 + 2 \frac{R_2}{R_1} \right)$$



## d) Multivibratore monostabile

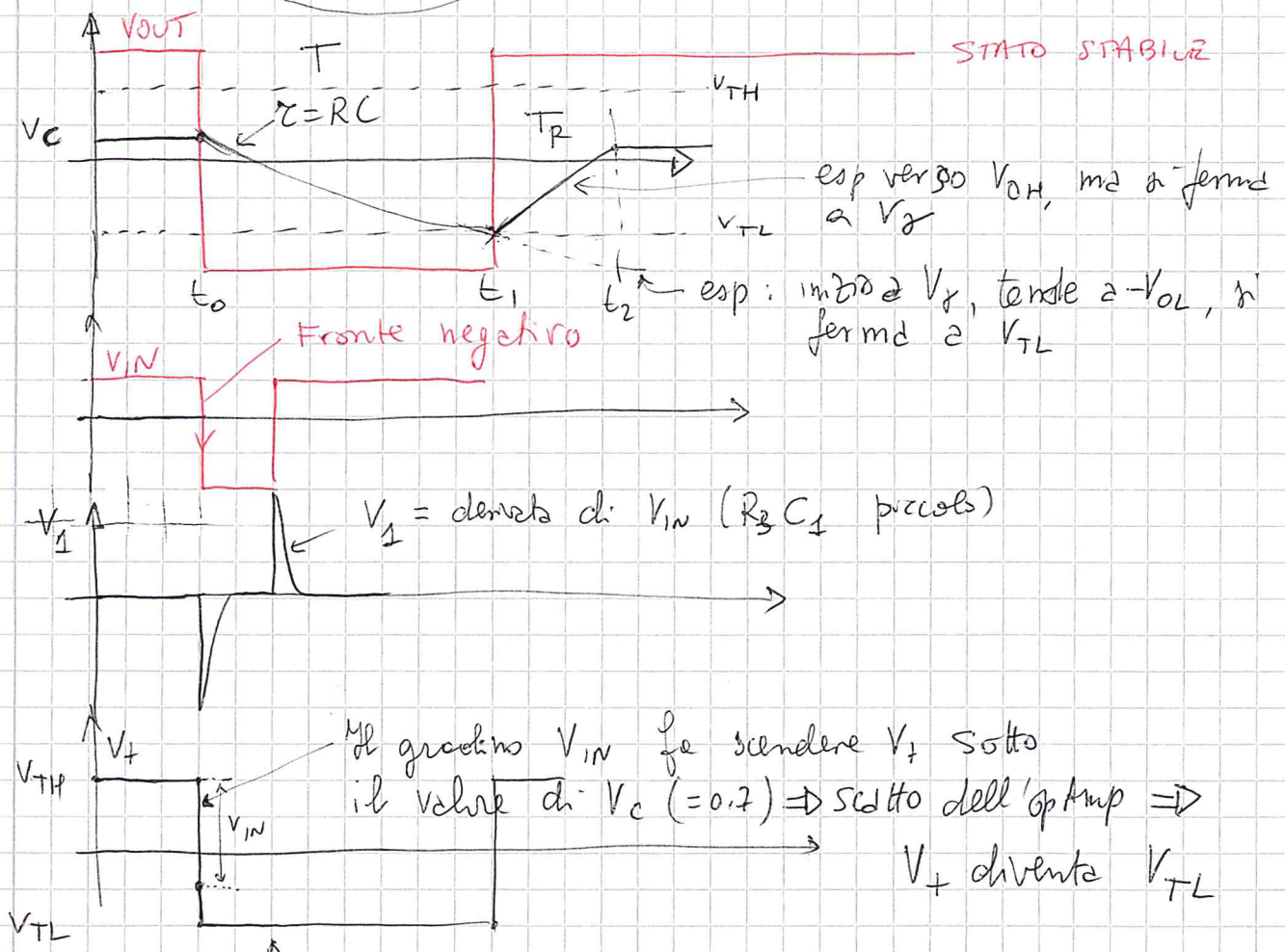
- Impulso di durata fissata:

- stato stabile
- meccanismo per passare allo stato instabile
- tempo fisso per ritornare nello stato stabile



Diodo  $\rightarrow$  stato H e stabile e non ritorna allo stato L

Per passare allo stato L devo ridurre momentaneamente  $V_+$  in modo che sia  $V_+ < V_- = 0.7$



Quando  $V_{IN}$  torna on, non succede niente perché il diodo  $D_2$  è in inversa

Durata impulso:

$$V_c(t) = -V_{OL} + Ae^{-(t-t_0)/\tau} \quad \text{con } V_c(t_0) = V_x \Rightarrow A = V_{OL} + V_x$$

$$V_c(t_1) = V_{TL} \Rightarrow e^{-T/\tau} = \frac{V_{TL} + V_{OL}}{V_x + V_{OL}}$$

$$T = \tau \ln \frac{1 + V_x/V_{OL}}{1 + V_{TL}/V_{OL}} = \tau \ln \frac{(1 + V_x/V_{OL})(1 + R_1/R_2)}{R_1/R_2} =$$

$$= \tau \ln \left[ \left(1 + \frac{V_x}{V_{OL}}\right) \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \right] \stackrel{V_x \ll V_{OL}}{\approx} \tau \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

Tempo di recupero (perché il condensatore torna a  $V_x$ )

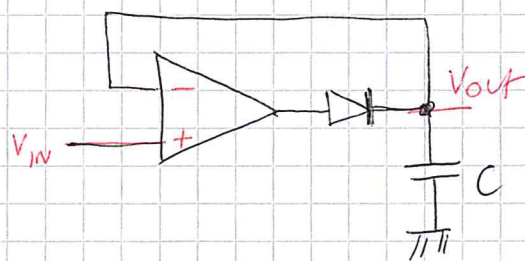
$$V_c(t) = V_{OH} + Be^{-(t-t_1)/\tau} \quad B = V_{TL} - V_{OH}$$

$$V_c(t_2) = V_x \Rightarrow e^{-T_R/\tau} = \frac{V_x - V_{OH}}{V_{TL} - V_{OH}}$$

$$T_R = \tau \ln \left( \frac{V_{TL} - V_{OH}}{V_x - V_{OH}} \right) \stackrel{V_x \ll V_{OH}}{\approx} \tau \ln \left( 1 + \frac{1}{1 + R_1/R_2} \right) = \tau \ln \left( \frac{2 + R_1/R_2}{1 + R_1/R_2} \right)$$

$V_{OL} = V_{OH}$

e) Rivelatore di picco



$V_{OUT} = V_{IN}$  se il diodo è in diretta (cioè quando  $V_{IN}$  sale)

$V_{OUT} = \text{costante}$  quando il diodo è in inversa (memoria)

