Tempo di propagazione (CMOS)

- Creatore originale: @Gianbattista Busonera
  - @<utente> (<data>): <modifiche effettuate>

Il calcolo del tempo di propagazione è un concetto estremamente simile al calcolo del tempo di salita e di discesa di un condensatore.

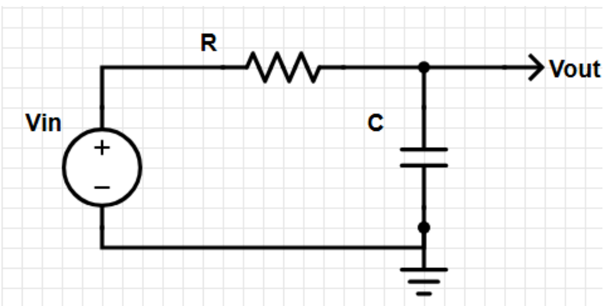
In questo caso, a differenza del caso precedente, non ci chiediamo più quanto tempo ci si mette a passare dal 10% al 90% del valore finale V_∞, ma quanto tempo è necessario affinché si superi la tensione di soglia V_T.

> Se non espressamente indicato dal testo, possiamo ipotizzare che la tensione di soglia sia definita come:
>
> $$V_T = \frac{V_{\text{DD}} -V_{\text{GND}}}{2} = \frac{V_{\text{DD}}}{2}$$

Tempo di propagazione di stato da basso ad alto

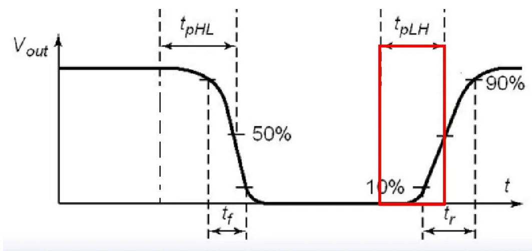
Rappresentiamo un circuito RC, che possiede quindi un resistore R e un condensatore C (carico). La tensione sul carico (condensatore) è definita come:

$$V_{\text{out}} = V_c(t) = V_{\infty} + (V_0 - V_{\infty})e^{-\frac{t}{\tau}}$$



Rappresentazione di un circuito RC

Il tempo di propagazione dallo stato basso allo stato alto è definito come il tempo che il segnale impiega a salire fino alla tensione di soglia.



In rosso, il tempo di propagazione da alto a basso

Di conseguenza, noi vogliamo determinare quanto vale $t_{\text p}^{\text L \rightarrow \text H}$, ovvero il tempo necessario affinché la tensione sul condensatore sia pari alla tensione di soglia V_T .

$V_c(t_{\text p}^{\text L \rightarrow \text H}) = V_T$

Calcolo del tempo di propagazione di stato da basso ad alto

Iniziamo definendo l'equazione da cui ottenere il valore.

$V_c(t_{\text p}^{\text L \rightarrow \text H}) = V_\text T = V_\infty + (V_0 - V_\infty)e^{-\frac{t_{\text p}^{\text L \rightarrow \text H}}{\tau}}$

Ipotizzando che $V_0 = V_{\text{GND}} = 0 \ \text V$, $V_T = \frac{V_{\text{DD}}}{2}$, $V_\infty = V_{\text{DD}}$, si ottiene:

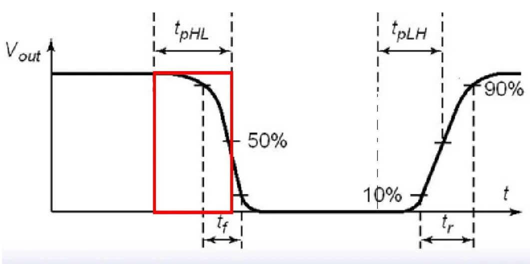
$$\begin{align}
\frac{V_{\text{DD}}}{2} &= V_{\text{DD}} + (0 - V_{\text{DD}})e^{-\frac{t_{\text p}^{\text L \rightarrow \text H}}{\tau}}
\\
\frac{V_{\text{DD}}}{2} &= V_{\text{DD}}\bigg(1-e^{-\frac{t_{\text p}^{\text L \rightarrow \text H}}{\tau}}\bigg)
\\
\frac{1}{2} &= 1 - e^{-\frac{t_{\text p}^{\text L \rightarrow \text H}}{\tau}}
\\
\frac{1}{2} & = e^{-\frac{t_{\text p}^{\text L \rightarrow \text H}}{\tau}}
\\
\ln\bigg(\frac{1}{2}\bigg) &= -\frac{t_{\text p}^{\text L \rightarrow \text H}}{\tau}
\end{align}$$

Al termine, si ottiene il valore di $t_{\text p }^{\text L \rightarrow \text H}$.

$t_{\text p}^{\text L \rightarrow \text H} = -\ln\bigg({\frac{1}{2}}\bigg)\tau \simeq 0.69\tau \simeq 0.69 R_{\text{eq}}C_{\text{eq}}$

Tempo di propagazione di stato da alto a basso

Il tempo di propagazione dallo stato alto allo stato basso è il tempo necessario per passare dalla tensione $V_c(t) = V_\infty$ alla tensione $V_c(t) = V_T$.



In rosso il tempo di propagazione da alto a basso

A tale scopo, vista l'estrema somiglianza dei calcoli, si allega direttamente la formula per il calcolo del tempo di propagazione dallo stato alto allo stato basso $t_{\text p}^{\text H \rightarrow \text L}$:

$t_{\text p}^{\text H \rightarrow \text L} = -\ln\bigg({\frac{1}{2}}\bigg)\tau \simeq 0.69\tau \simeq 0.69 R_{\text{eq}}C_{\text{eq}}$