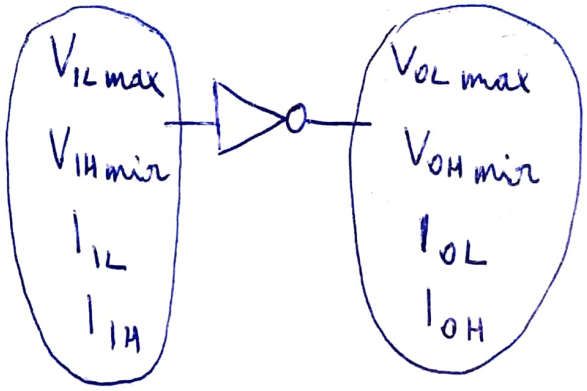
КАРАКТЕРИСТИКЕ CMOS И TTL ИНТЕГРИСАНИХ ЛОГИЧКИХ КОЛА



$V_{IL\,max}$ – максимална вредност улазног напона који се и даље интерпретира као „0".

$V_{IH\,min}$ – минимална вредност улазног напона који се и даље интерпретира као „1".

$V_{OL\,max}$ – максимална вредност логичке нуле на излазу

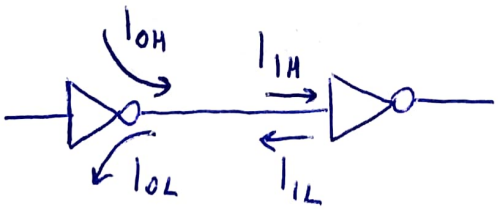
$V_{OH\,min}$ – минимална вредност логичке јединице на излазу

I_{IL} – улазна струја ниског нивоа

I_{IH} – улазна струја високог нивоа

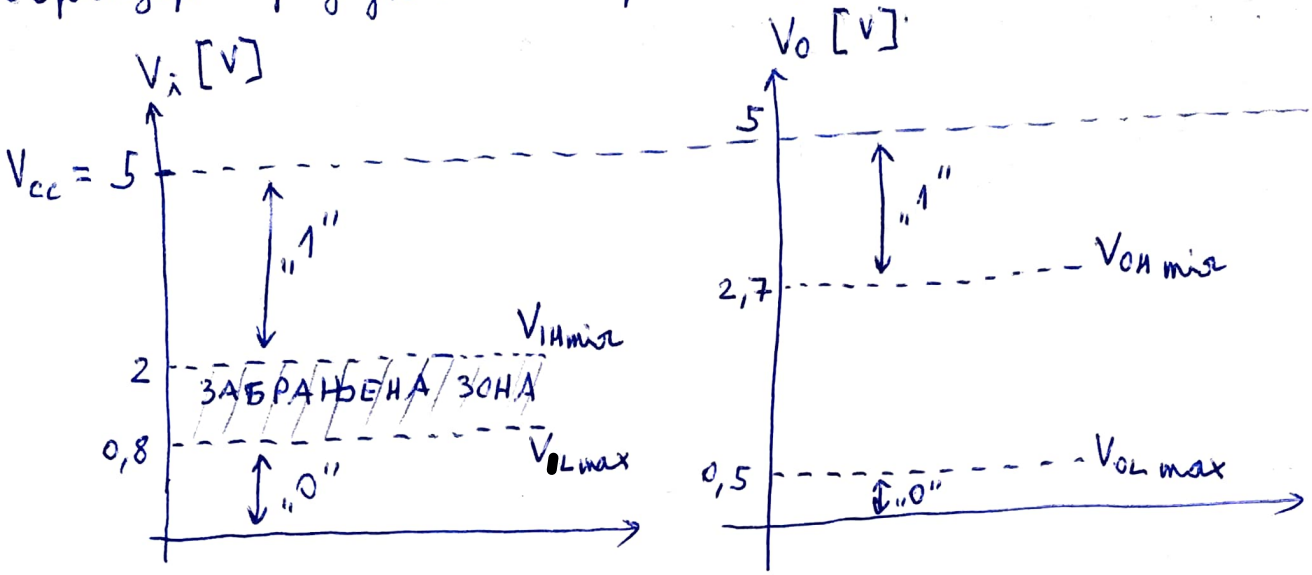
I_{OL} – излазна струја ниског нивоа

I_{OH} – излазна струја високог нивоа



- Маргине шума (енг. Noise Margins) представљају меру имунитета кола на сметње и дефинишу се као:
  - Горња маргина шума: $NM_H = V_{OH\,min} - V_{IH\,min}$
  - Доња маргина шума: $NM_L = V_{IL\,max} - V_{OL\,max}$
  - Гарантована маргина шума: $NM_G = min\{NM_H, NM_L\}$

- Пример вредносних параметара за TTL кола:



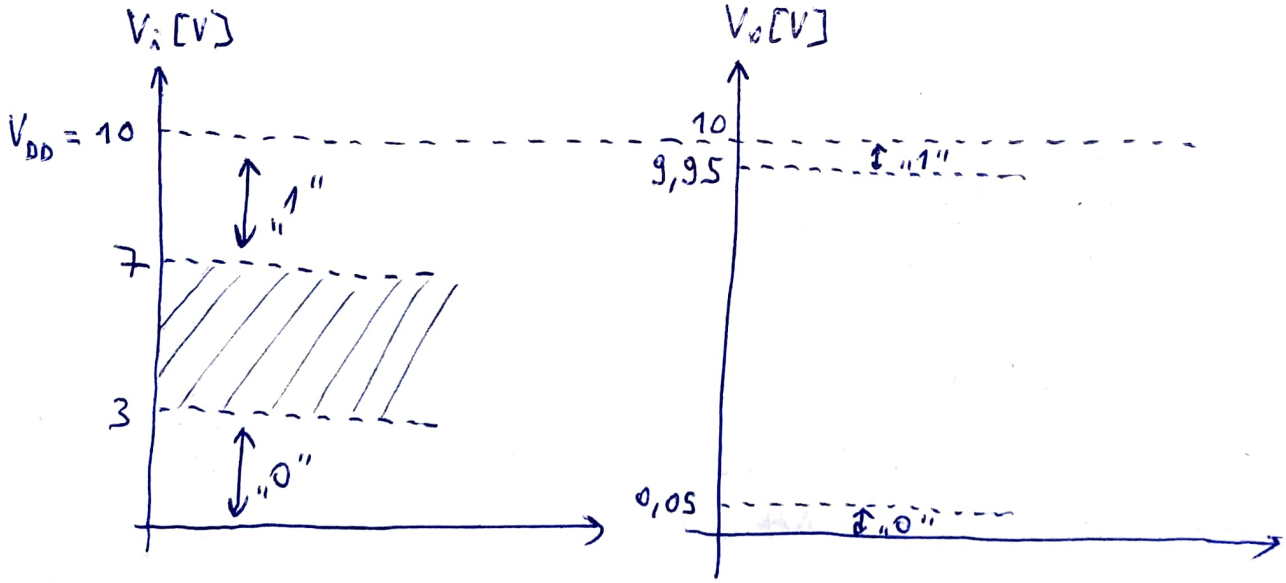
$NM_H = 2,7\,V - 2\,V = 0,7\,V$

$NM_L = 0,8\,V - 0,5\,V = 0,3\,V$

$NM_G = 0,3\,V$

На улаз посматраног логичког кола не сме да се доводи вредност између 0,8 V и 2 V (забрањена зона). Радна тачка сме да пролази кроз забрањену зону, али не сме у њој да се задржава.

- Пример за CMOS кола из CD серије:



- За серију CMOS кола 74HC00 важи (при $V_{DD} = 5\,V$):

$V_{IH\,min} = 3,5\,V$ $\quad V_{OH\,min} = 4,9\,V$

$V_{IL\,max} = 1\,V$ $\quad V_{OL\,max} = 0,1\,V$

- За серију CMOS кола 74HCT00 важи (при $V_{DD} = 5\,V$):

$V_{IH\,min} = 2\,V$ $\quad$ $V_{OH\,min} = 4{,}3\,V$

$V_{IL\,max} = 0{,}8\,V$ $\quad$ $V_{OL\,max} = 0{,}3\,V$

- Типичне вредности струја за TTL кола су:

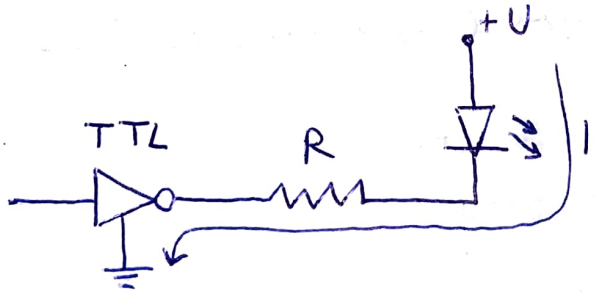
$I_{OH} = 400\,\mu A$ (TTL коло може дати максимално струју јачине 400 μA на свом излазу у стању високог логичког нивоа).

$I_{OL} = 16\,mA$ (TTL коло може да „усиса" максимално струју јачине 16 mA на свом излазу у стању ниског логичког нивоа).

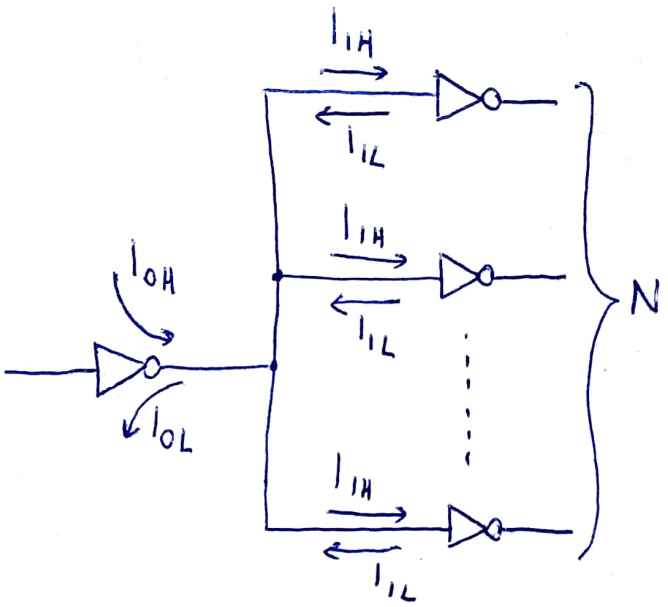
$I_{IH} = 40\,\mu A$

$I_{IL} = 1{,}6\,mA$

- С обзиром да је $I_{OL} > I_{OH}$, погодно је коришћење ниског логичког нивоа за побуђивање LED:



- Број излаза једног логичког кола везује се на један или више улаза других логичких кола.
- Оптерећивост (или фактор гранања) је параметар који показује колико се логичко коло може оптерећивати (колику струју може дати на излазу), а да и даље исправно ради.



$$N_H = \frac{I_{OH}}{I_{IH}} = \frac{400\,\mu A}{40\,\mu A} = 10$$

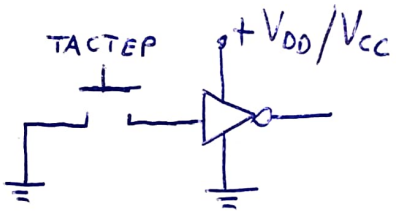
$$N_L = \frac{I_{OL}}{I_{IL}} = \frac{16\,mA}{1{,}6\,mA} = 10$$

Стварни фактор:

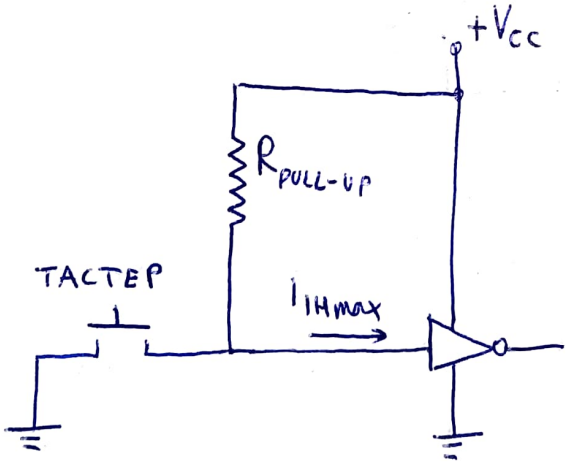
$$N = \min\{N_H, N_L\} = 10$$

- PULL-UP отпорник

- Ако имамо коло са тастером, у неактивном стању тастера је на улазу логичког кола недефинисано стање:



- Да се избјегне овај проблем, додаје се PULL-UP отпорник:



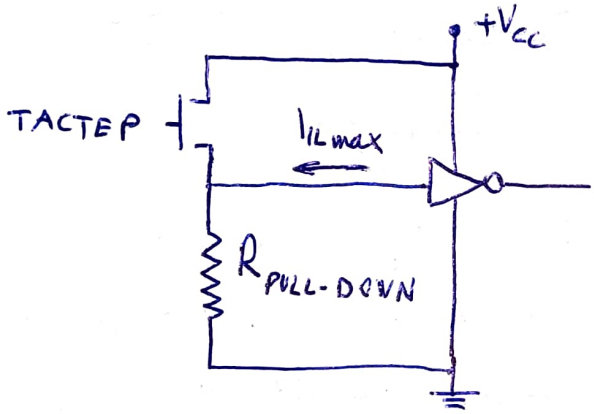
- У активном стању тастера, $R_{PULL-UP}$ је спојен на масу, па је повећана вриједност отпорника максимално дозвољена дисипација на отпорнику: $P_D = V_{CC} \cdot I_{R_{PULL-UP}} = I^2_{R_{PULL-UP}} \cdot R_{PULL-UP} = \frac{V_{CC}^2}{R_{PULL-UP}}$

- У неактивном стању тастера, улаз логичког кола је преко $R_{PULL-UP}$ спојен на $+V_{CC}$. Вредност $R_{PULL-UP}$ је одређена максималном дозвољеном струјом на улазу логичког кола $I_{IH\,max}$.

$$-V_{CC} + I_{IH\,max} \cdot R_{PULL-UP_{max}} + V_{IH\,min} = 0$$

$$R_{PULL-UP\,max} = \frac{V_{CC} - V_{IH\,min}}{I_{IH\,max}} \Rightarrow \boxed{R_{PULL-UP} < \frac{V_{CC} - V_{IH\,min}}{I_{IH\,max}}}$$

- PULL-DOWN отпорник



$$\boxed{R_{PULL-DOWN} < \frac{V_{IL\,max}}{I_{IL\,max}}}$$

- Прилагођење фамилија

- Када се у једном дигиталном систему користе кола из различитих фамилија, мора се водити рачуна да она буду коректно повезана. Прво се мора проверити да ли су логичке фамилије компатибилне. Ако су компатибилне (струјно и напонски), могу се директно повезати. Ако нису компатибилне, морају се увести додатни елементи или кола за прилагођење.
- Посматрајмо везу 2 логичка кола:

- Логичка кола 1 и 2 су компатибилна, ако су задовољени следећи услови:

$V_{OH\,min}(1) > V_{IH\,min}(2)$

$V_{OL\,max}(1) < V_{IL\,max}(2)$

$I_{OH\,max}(1) > I_{IH\,max}(2)$

$I_{OL\,max}(1) > I_{IL\,max}(2)$

- Уколико неки од претходно наведених услова није задовољен, напонска компатибилност се може обезбедити додавањем отпорника, а струјна компатибилност додавањем бафера.

(30) За дату шему потребно је одредити начин повезивања наведених логичких кола. На расположају је произвољан број кола и један бафер из серије 74HCT00. Познато је:

CD4000: $V_{OH\,min} = 4{,}95\,V$; $V_{OL\,max} = 0{,}05\,V$; $I_{OH\,max} = 400\,\mu A = I_{OL\,max}$

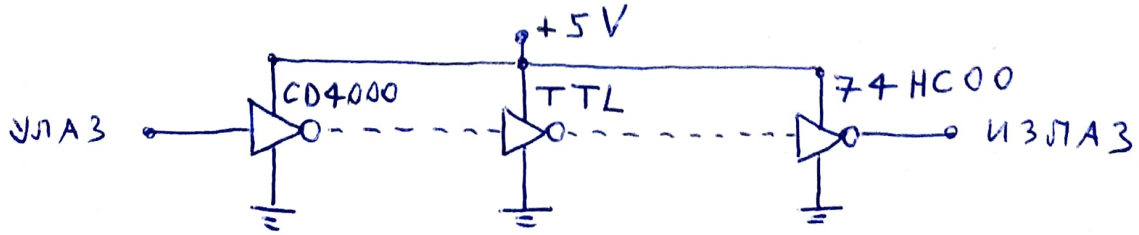
TTL: $V_{OH\,min} = 2{,}4\,V$; $V_{OL\,max} = 0{,}4\,V$; $I_{OH\,max} = 400\,\mu A$; $I_{OL\,max} = 16\,mA$

$V_{IH\,min} = 2\,V$; $V_{IL\,max} = 0{,}8\,V$; $I_{IH\,max} = 40\,\mu A$; $I_{IL\,max} = 1{,}6\,mA$

74HC00: $V_{IH\,min} = 3{,}5\,V$; $V_{IL\,max} = 1\,V$; $I_{IH\,max} = 1\,\mu A$; $I_{IL\,max} = 1\,\mu A$

74HCT00: $V_{OH\,min} = 4{,}3\,V$; $V_{OL\,max} = 0{,}3\,V$; $I_{OH\,max} = I_{OL\,max} = 24\,mA$

$V_{IH\,min} = 2\,V$; $V_{IL\,max} = 0{,}8\,V$; $I_{IH\,max} = I_{IL\,max} = 1\,\mu A$



Решење

- Испитујемо задовољеност услова за везу сваког два кола у шеми.

1° Веза CD4000 – TTL:

CD4000		TTL	
$V_{OH\,min}$ (4,95V)	>	$V_{IH\,min}$ (2V)	← OK
$V_{OL\,max}$ (0,05V)	<	$V_{IL\,max}$ (0,8V)	← OK
$I_{OH\,max}$ (400 μA)	>	$I_{IH\,max}$ (40 μA)	← OK
$I_{OL\,max}$ (400 μA)	>	$I_{IL\,max}$ (1,6 mA)	← НИЈЕ ЗАДОВОЉЕНО (УБАЦУЈЕМО БАФЕР)

2° Веза TTL – 74HC00:

TTL		74HC00	
$V_{OH\,min}$ (2,4V)	>	$V_{IH\,min}$ (3,5V)	← НИЈЕ ЗАДОВОЉЕНО (УБАЦУЈЕМО ОТПОРНИК)
$V_{OL\,max}$ (0,4V)	<	$V_{IL\,max}$ (1V)	← OK
$I_{OH\,max}$ (400 μA)	>	$I_{IH\,max}$ (1 μA)	← OK
$I_{OL\,max}$ (16 mA)	>	$I_{IL\,max}$ (1 μA)	← OK

- Додатно треба да проверимо бафер који убацујемо између кола CD4000 и TTL, задовољава напонску компатибилност:

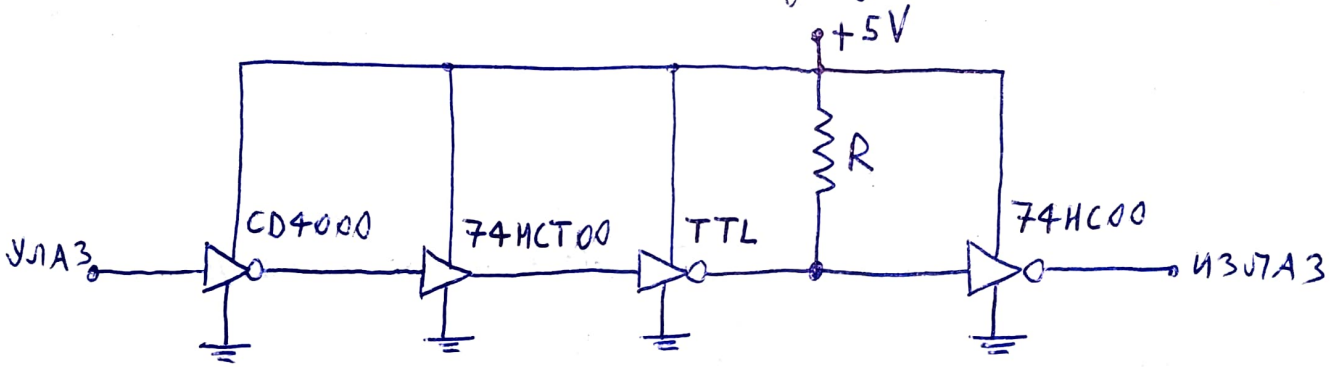
3° Веза CD4000 – 74HCT00:

CD4000		74HCT00	
$V_{OH\,min}$ (4,95V)	>	$V_{IH\,min}$ (2V)	← OK
$V_{OL\,max}$ (0,05V)	<	$V_{IL\,max}$ (0,8V)	← OK
$I_{OH\,max}$ (400 μA)	>	$I_{IH\,max}$ (1 μA)	← OK
$I_{OL\,max}$ (400 μA)	>	$I_{IL\,max}$ (1 μA)	← OK

4° Веза 74HCT00 — TTL:

74HCT00		TTL	
$V_{OH\,min}$ (4,3V)	>	$V_{IH\,min}$ (2V)	← OK
$V_{OL\,max}$ (0,3V)	<	$V_{IL\,max}$ (0,8V)	← OK
$I_{OH\,max}$ (24mA)	>	$I_{IH\,max}$ (40μA)	← OK
$I_{OL\,max}$ (24mA)	>	$I_{IL\,max}$ (1,6mA)	← OK

- Уочавамо да се бафер може убацити између CD4000 и TTL кола без додатних прилагођења.



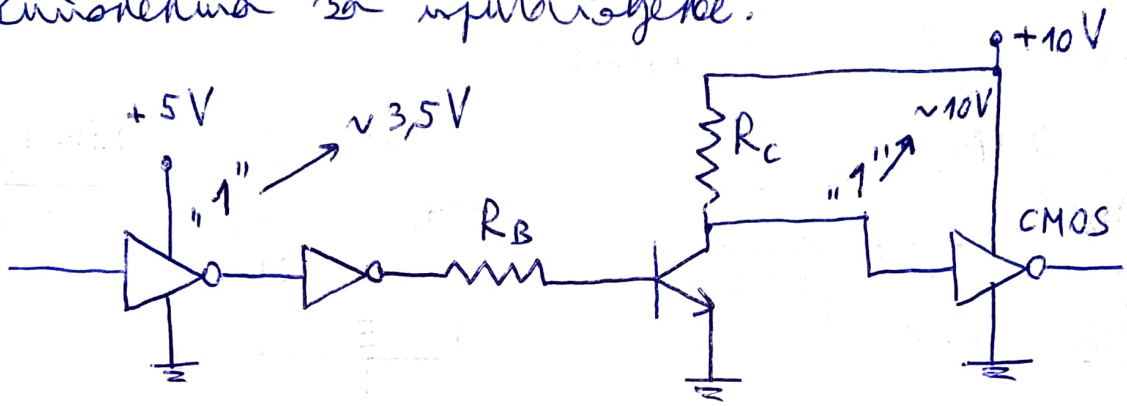
- Ради прорачуна вредности отпорности, морамо водити рачуна о $I_{OL\,max}$ претходног степена (у нашем случају TTL кола):

$$\frac{V_{CC} - V_{OL\,max}}{R} \leq I_{OL\,max}$$

$$R \geq \frac{V_{CC} - V_{OL\,max}}{I_{OL\,max}} = \frac{5 - 0{,}4}{16 \cdot 10^{-3}}$$

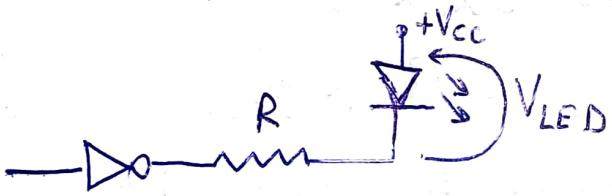
$$\boxed{R \geq 287{,}5\,\Omega}$$

- Директна спрега TTL-CMOS за напоне напајања веће од 5V није дозвољена, јер је максимални дозвољени улазни напон TTL, због могућности пробоја емитерског PN-споја транзистора $V_{IH\,max} = 5,5\ V$.
- Тада се NPN транзистор може искористити као компонента за прилагођење.



- LED
- Постоје 2 начина да се укључи LED:

1° На низак логички ниво:

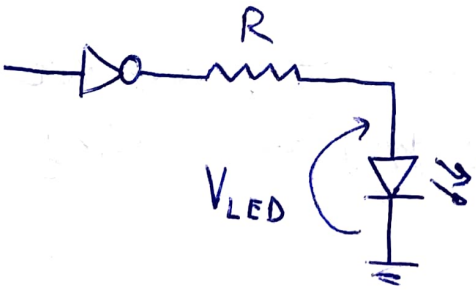


$$I_{LED} = \frac{V_{CC} - V_{LED} - V_{OL}}{R}$$

$$R = \frac{V_{CC} - V_{LED} - V_{OL}}{I_{LED}}$$

LED сијалица за: $I_{LED\,min} < I_{LED} < I_{LED\,max}$

2° На висок логички ниво:



$$I_{LED} = \frac{V_{OH} - V_{LED}}{R}$$

$$R = \frac{V_{OH} - V_{LED}}{I_{LED}}$$