

# PREKIDIČKE KARAKTERISTIKY

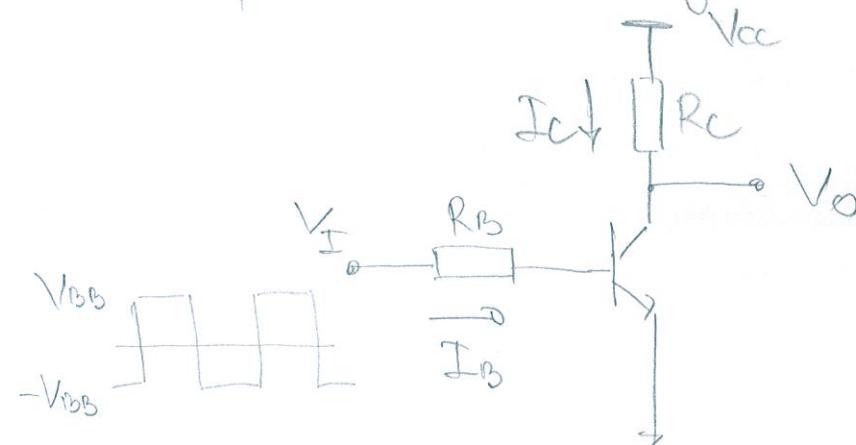
## BÍPOLARNOG TRANZISTORA

U impulsnim i digitalnim kolima tranzistor se koristi kao prekidač.

Dva slučaja:

- ↳ isključen (otvoreni prekidač, velika otpornost)
- ↳ uključen (zatvoren prekidač, mala otpornost)

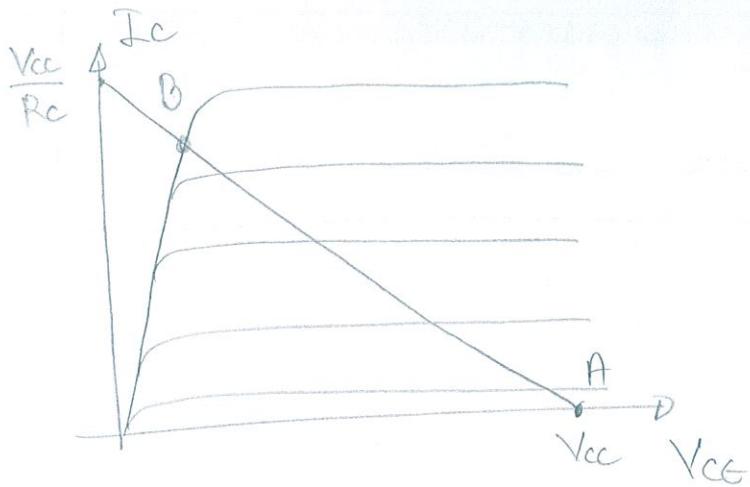
Pobuduje se velikim signalom



Reakcija prava :  $V_o = V_{cc} - R_C I_C = V_{cc}$

① Za  $V_I = -V_{BB}$  BE spoj nije otvoren, tranzistor je isključen  
 $I_C = 0 \quad V_o = V_{cc} = V_{cc}$  (tacka A)

② Za  $V_I = V_{BB}$  tranzistor je uključen, t. j. zatvoren, pa je  $V_o = V_{ces}$   $V_{ces} = (0.1 \div 0.3)V$  (tacka B)



U aktionsoj oblasti je:

$$I_c = \beta I_b$$

$$\begin{aligned} V_{bc} &= V_{be} - V_{ce} = V_{be} - V_{cc} + R_c I_c \\ &= V_{be} - V_{cc} + R_c \beta I_b \end{aligned}$$

Da bi tranzistor bio u zončaju, neophodno je da je napon među baze i kolektora veći ili jednak naponu vodnja tog opaža

$$V_{bc} \geq V_{bc0}$$

ili

$$V_{be} - V_{cc} + R_c \beta I_b \geq V_{bc0}$$

odde je

$$I_b \geq \frac{V_{cc} - (V_{be} - V_{bc0})}{\beta R_c}$$

kako je  $V_{be} - V_{bc0} = V_{ces}$

$$I_b \geq \frac{V_{cc} - V_{ces}}{\beta R_c}$$

pošto je na grafici aktuene oblasti i zončaju

$$I_{cs} = \beta I_{bb} = \frac{V_{cc} - V_{ces}}{R_c}$$

$$I_{bb} = \frac{I_{cs}}{\beta}$$

z<sub>a</sub>  $I_B > I_{B5}$  tranzistor je u zavoju

z<sub>b</sub>  $I_B < I_{B5}$  tranzistor je u aktuelj obnosti

Da bi doberzadili da tranzitor u uključenom stanju budi u zavoju, mora biti zadovoljen uslov

$$I_B > I_{B5\max}$$

gde je

$$I_{B5\max} = \frac{V_{cc} - V_{ce0}}{\beta_{min} \cdot R_c}$$

Stepen zavojja se definise parametrom

$$\mu = \frac{I_B}{I_{B5}} \geq 1 \quad \text{sticno razred } 1.5 : 5$$

z<sub>b</sub> kdo da stike

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BES}}{R_B} \quad I_{cs} = \frac{V_{cc} - V_{ces}}{R_c}$$

Mora da vazi da je

$$I_B \geq \frac{I_{cs}}{\beta_{min}}$$

$$\frac{V_{BB} - V_{BES}}{R_B} \geq \frac{V_{cc} - V_{ces}}{\beta_{min} \cdot R_c}$$

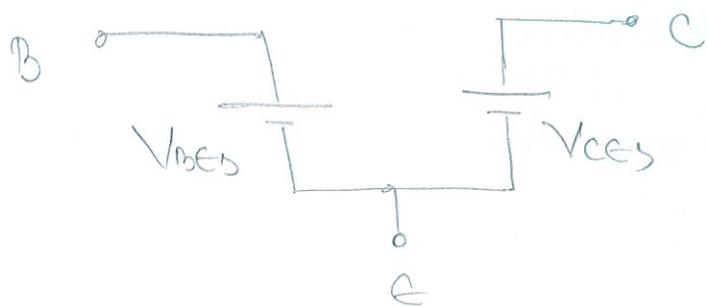
odavde je

$$R_B \leq \beta_{min} \cdot R_c \frac{V_{BB} - V_{BES}}{V_{cc} - V_{ces}}$$

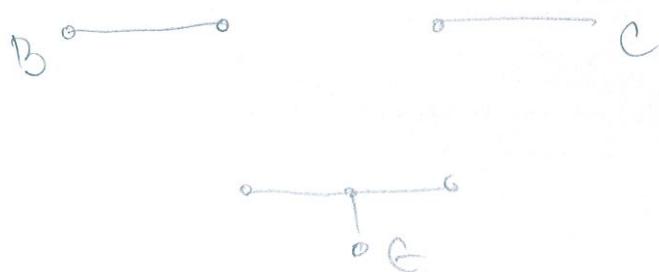
$V_{BES}$  je  $(0.6 \pm 0.7) \times$

$V_{ces}$  je  $(0.1 \pm 0.3) \times$

Model tranzistora u zvezdu je



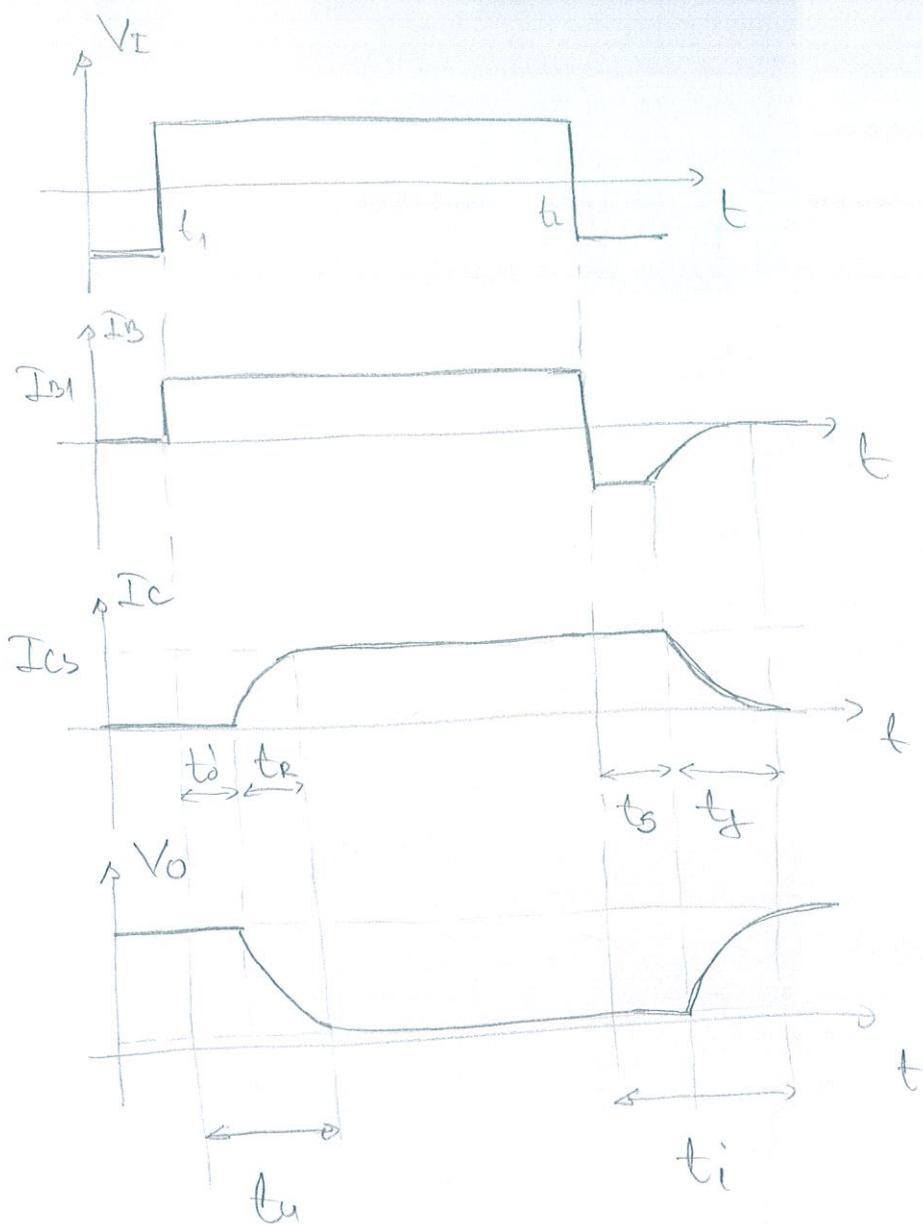
Tranzistor je u isključenom stanju ako se na njega daje napon  $V_I = -V_{BB}$ . Tada su sve spoje inverzno polarisane i može se usvojiti sledeći model:



Pričinu inverzne struje zaslužuju teoz pri sporem, ali su one vrlo male i mogu se zanemariti.

### Prelazni režim

Kada funkcioniše kao prekidač, tranzistor se ne uključuje i isključuje bravito, već postigne konačno stanje u vreme uključivanja i isključivanja tranzistora.



$t_u$  - vremje uključivanja

$$t_u = t_d + t_e$$

$t_i$  - vremje isključivanja

$$t_i = t_s + t_f$$

$t_d$  vremje bušenja elektronskih kanalova

$t_e$  vremje ponosne elektronske stope

$t_s$  vremje zatvaranja

$t_f$  vremje opadanja elektronske stope

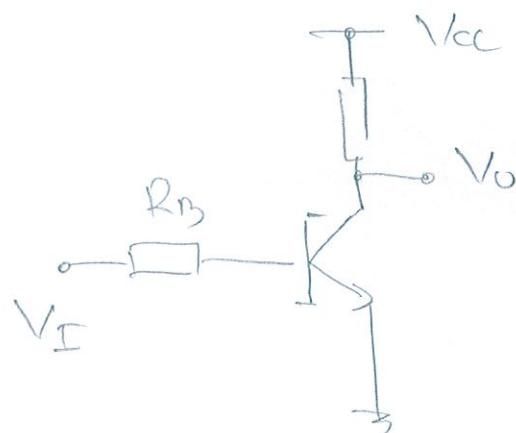
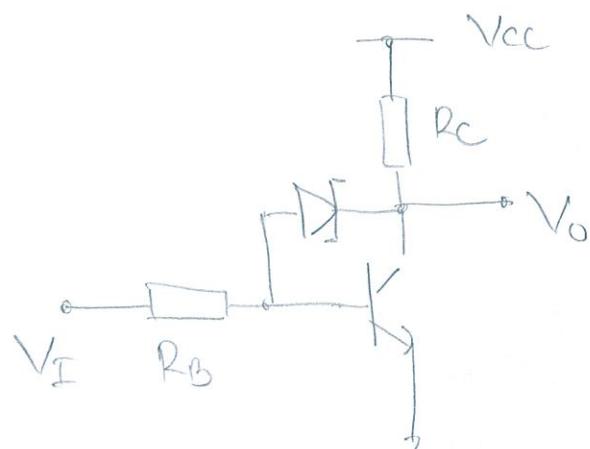
Mjerenje period uključivanja signala

$$T_{\text{izm}} = t_u + t_i$$

Da bi ispravio red bio moguće  $T_f > T_{\text{izm}}$

## Newsidění pebbida:

Dabí se snadno vymen prebaruh rezistoru transistoru, když je režim logického stavu uvolněn!



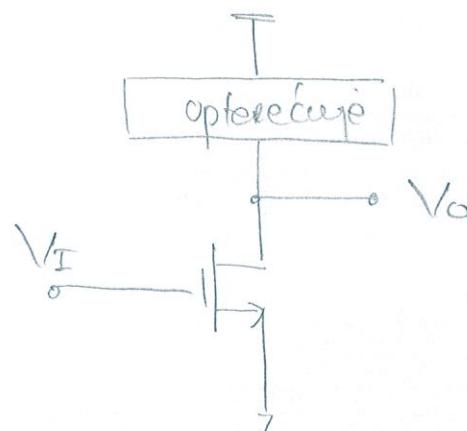
Velká bezpečnost signálu

Velká potřeba energie

# PREKIDČKE KARAKTERISTIKE

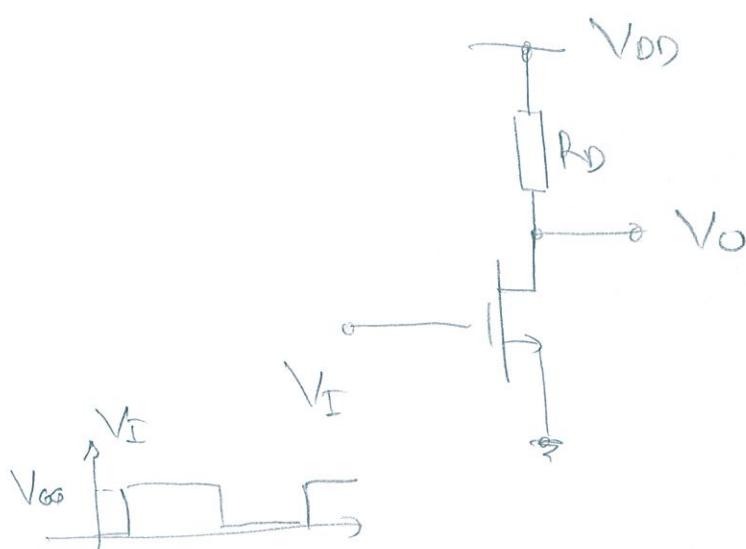
## UNIPOLARNIH TRANSISTORA

Obično se koriste MOS tranzistori sa nuklearnim kanalom, i to su NMOS



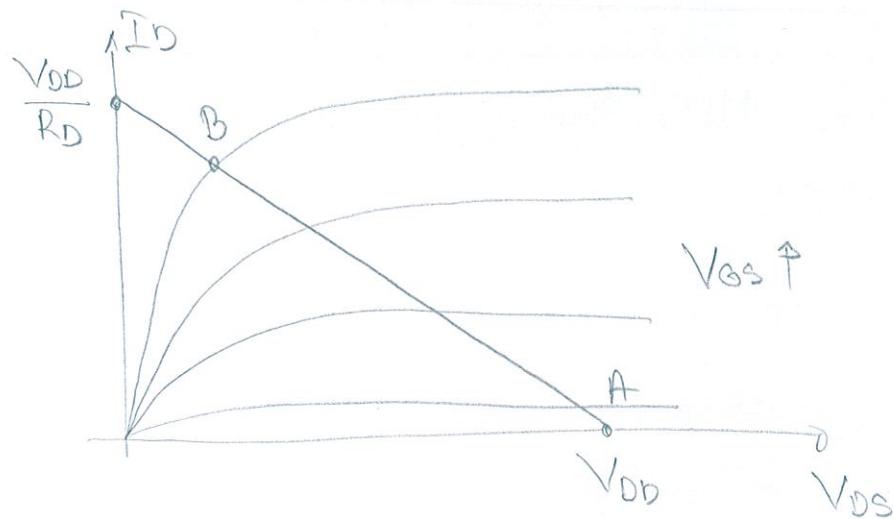
Optoelektron je može biti linearan (otporak) ili ne-linearan (MOS tranzistor istog ili suprotnog tipa).

Prekidac sa linearnim optoelektronom



Ravno prava

$$V_o = V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D$$



Za  $V_I = 0$  tranzistor je isključen  $I_D = 0$ ,  $V_o = V_{DD}$   
takao A

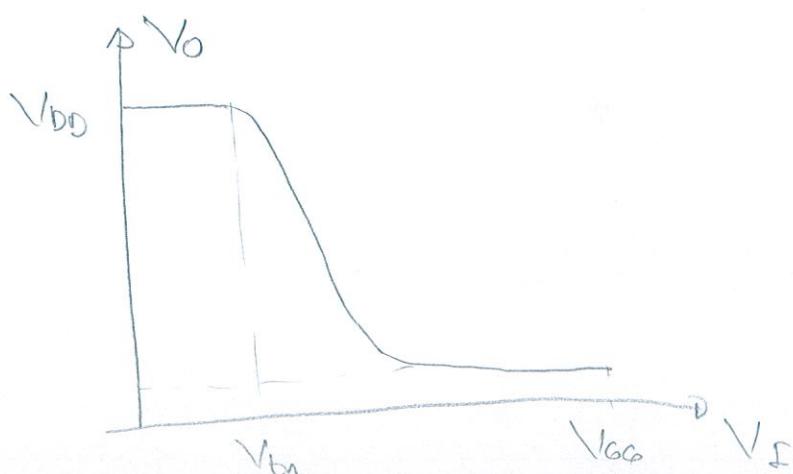
Za  $V_I = V_{GS}$  tranzistor je uključen  $I_D \neq 0$   $V_o = V_S$

Za  $V_{DS} < V_{GS} - V_{th}$  tranzistor u triodnoj oblasti

Za  $V_{DS} > V_{GS} - V_{th}$  tranzistor u zazoru

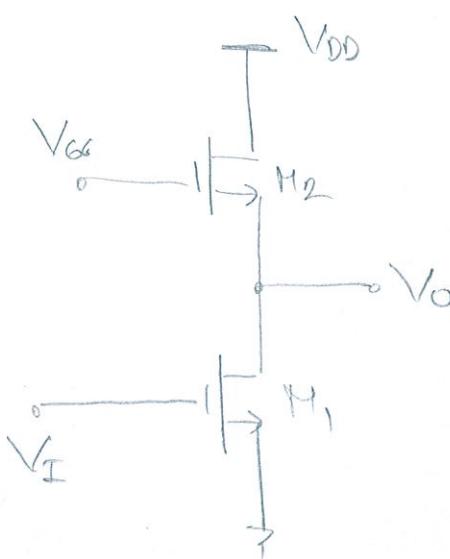
Struja ovisno je:

$$I_D = \begin{cases} k_u (V_{GS} - V_{th})^2 & \text{zazor} \\ k_u [2(V_{GS} - V_{th})V_{DS} - V_{DS}^2] & \text{triodna oblast} \end{cases}$$

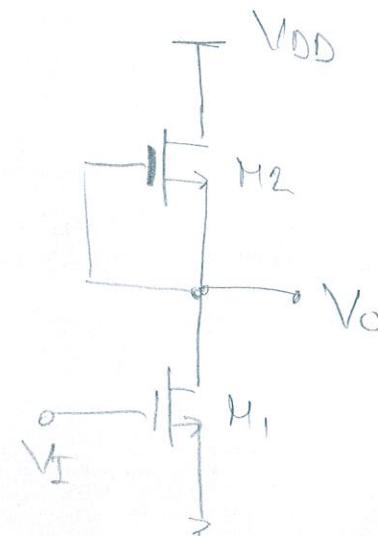


## Prekidač sa nelinearnim opterećenjem

U integrisanim kola, kao opterećenje se koristi transistor koji može biti islog tipa ili superstrog tipa kanala, ili induktivni ili sa ugradbenim konden.

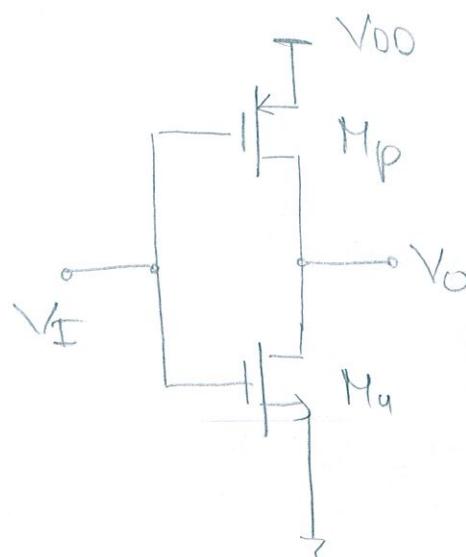


$M_2$  opterećuje  
NMOS



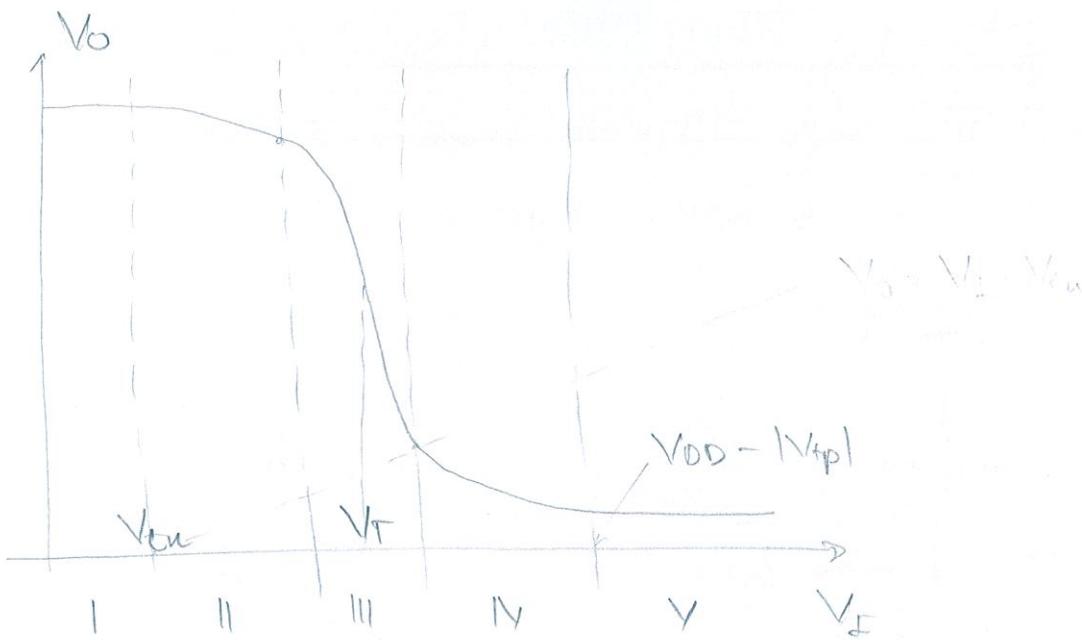
$M_2$  opterećuje  
NMOS sa ugradbenim kondenzatorom

## CMOS PREKIDAČ (CMOS inverzor)



$$V_{th} \approx |V_{tp}|$$

## Prvovrstna karakteristika:



I oblast:  $0 < V_i < V_m$

Mu je izključen,  $M_p$  radi u prvoj oblasti

$$I_{Dn} = 0 \Rightarrow |I_{Dp}| = 0$$

$$I_{Dp} = k_p [2(V_{DD} - |V_{tp}|) \cdot (V_{DD} - V_o) - (V_{DD} - V_o)^2] = 0$$

$$\text{odavde sledi } V_{DD} - V_o = 0 \Rightarrow V_o = V_{DD}$$

II oblast:  $V_m < V_i < V_o + V_{tp}$

Mu je zadržan,  $M_p$  u drugoj oblasti

$$I_{Dn} = |I_{Dp}|$$

$$k_n (V_i - V_m)^2 = k_p [2(V_{DD} - V_i - |V_{tp}|) \cdot (V_{DD} - V_o) - (V_{DD} - V_o)^2]$$

odavde je

$$V_o = V_i - |V_{tp}| + \sqrt{(V_{DD} - V_i - |V_{tp}|)^2 - \frac{k_n}{k_p} (V_i - V_m)^2}$$

$$\text{III oblast: } V_o + V_{tp} < V_I < V_o + V_{tn}$$

Mu u zosćenju

Mp u zosćenju

$$I_{ou} = |I_{Dpl}|$$

$$k_u (V_I - V_{tn})^2 = k_p (V_{DD} - V_I - |V_{tp}|)^2$$

U ovoj oblasti desava se negativna promena struja u zlazu sa visokog na niski nivo. Napar na ulazu pri kojem se desava istobrojna promena izlaznog napona naziva se napon praga CMOS inverzora  $V_T$

$$V_I = V_T = \frac{V_{DD} - |V_{tp}| + \sqrt{k_u/k_p} V_{tn}}{1 + \sqrt{k_u/k_p}}$$

$$V_T \approx (0.45 \div 0.55) V_{DD}$$

$$\text{Ako su transistori uspostvi} \quad V_T = \frac{V_{DD}}{2}$$

$$\text{IV oblast: } V_o + V_{tn} < V_I < V_{DD} + V_{tp}$$

Mu u triodnoj oblasti

Mp u zosćenju

$$I_{ou} = |I_{Dpl}|$$

$$k_u [2(V_I - V_{tn}) \cdot V_0 - V_0^2] = k_p (V_{DD} - V_0 - |V_{tp}|)^2$$

daoste je

$$V_0 = V_I - V_{tn} - \sqrt{(V_I - V_{tn})^2 - \frac{k_u}{k_p} (V_{DD} - V_0 - |V_{tp}|)^2}$$

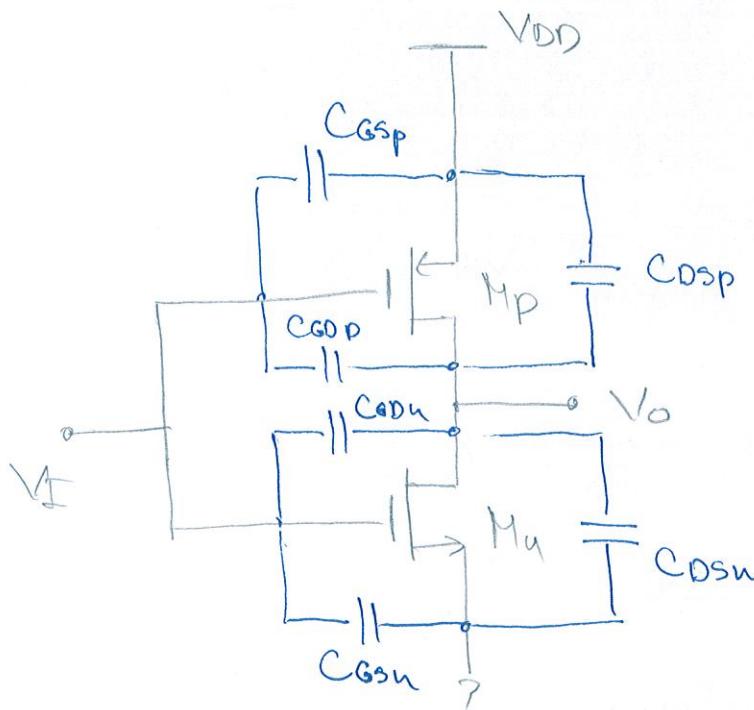
V oblik

$$V_{DD} + V_{tp} < V_I < V_{DD}$$

M<sub>n</sub> u triodnoj M<sub>p</sub> isključen  
 $|I_{Dp}| = 0 \Rightarrow V_o = 0$

## Predstavi redni

Izlazni signal je posledica i vremena korišćenja, jee  
 turistički ne reaguju trenutku na promene ulaznog  
 signala. Turistički posebnu parativne kapacitivnosti



Kao mera korišćenja signala, mogu se ueti vremena  
 za kje izlazni signal pada sa  $V_{DD}$  do  $V_{DD}/2$  (t<sub>PHL</sub>), i  
 za kje izlazni signal poraste sa  $0$  do  $V_{DD}/2$ .

Ukupno vreme korišćenja je

$$t_p = (t_{PHL} + t_{PLH})/2$$

Minimální perioda uložený signál může být

$$T_{\text{min}} = t_{\text{PHL}} + t_{\text{PLH}} = 2t_p$$

a maximální přebitková frekvence je

$$f_{\text{max}} = \frac{1}{T_{\text{min}}} = \frac{1}{2t_p}$$

