

Delay

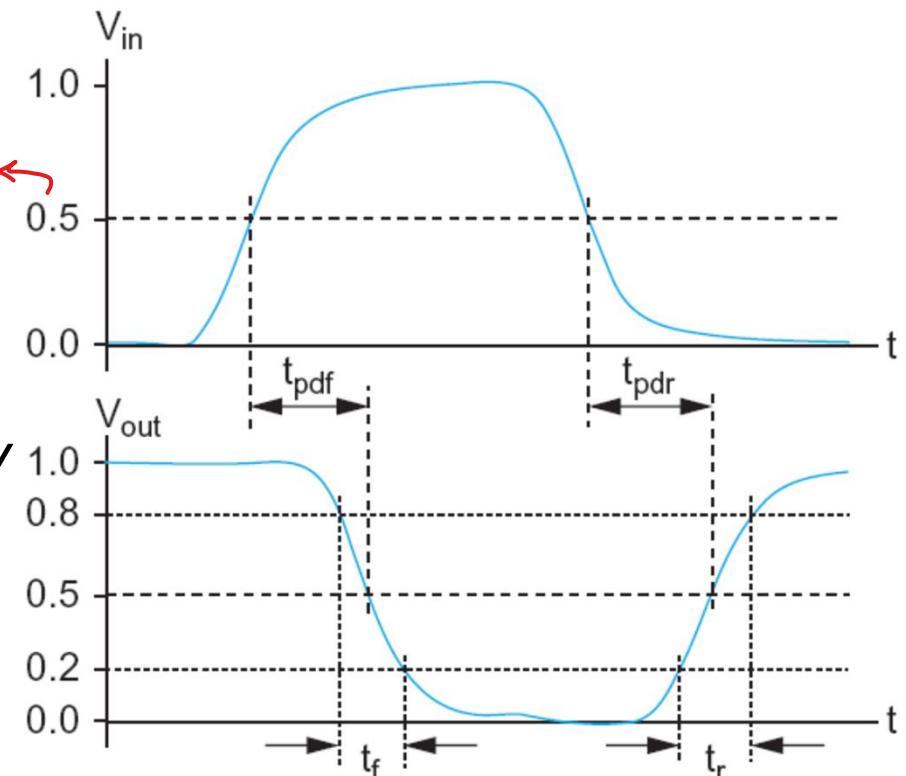
Outline

نحو 3 جه

- Delay Definition
- Transient Response
- Delay Estimation:
 - RC Delay Model
 - Elmore Delay Model
 - Logical Effort will be discussed later

Delay Definitions

- t_{pd} : rising propagation delay
 - From input to rising output crossing $V_{DD}/2$
- t_{pdf} : falling propagation delay
 - From input to falling output crossing $V_{DD}/2$
- t_{pd} : average propagation delay
 - $t_{pd} = (t_{pdr} + t_{pdf})/2$
- t_r : rise time
 - From output crossing 0.2 V_{DD} to 0.8 V_{DD}
- t_f : fall time
 - From output crossing 0.8 V_{DD} to 0.2 V_{DD}



میانه دارای چندین پردازش برآورده است
برای این سیگنال حسست و انتقال دهنده برآورده است
برای دو دسته از پردازش برآورده است
برای دو دسته از پردازش برآورده است

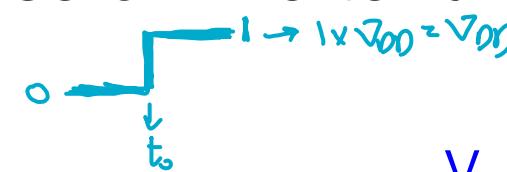
برقی نامه های اولیه
برقی نامه های اولیه

فناوری های اولیه در تراشه ایمیک میان بین ۱۰٪
۸۰٪ و ۲۰٪

Inverter Step Response

Ex: find step response of inverter driving load cap

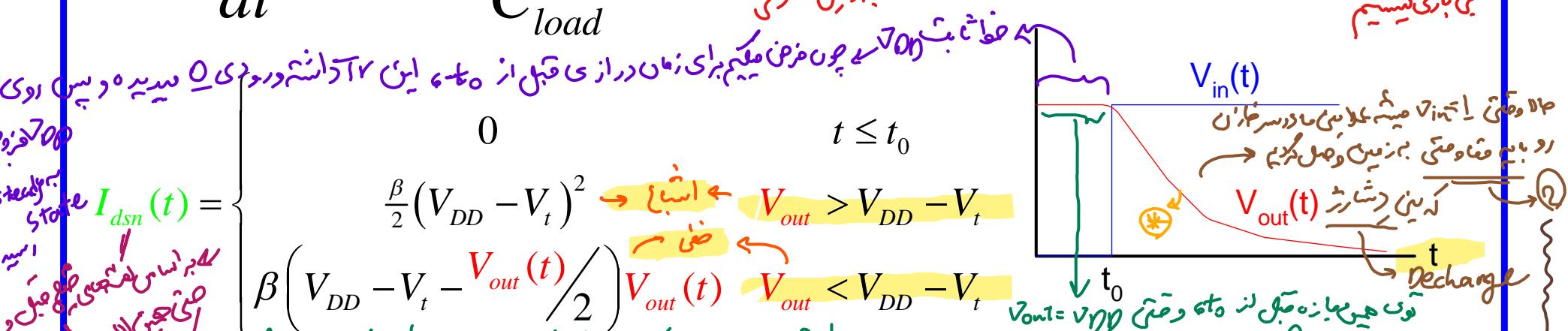
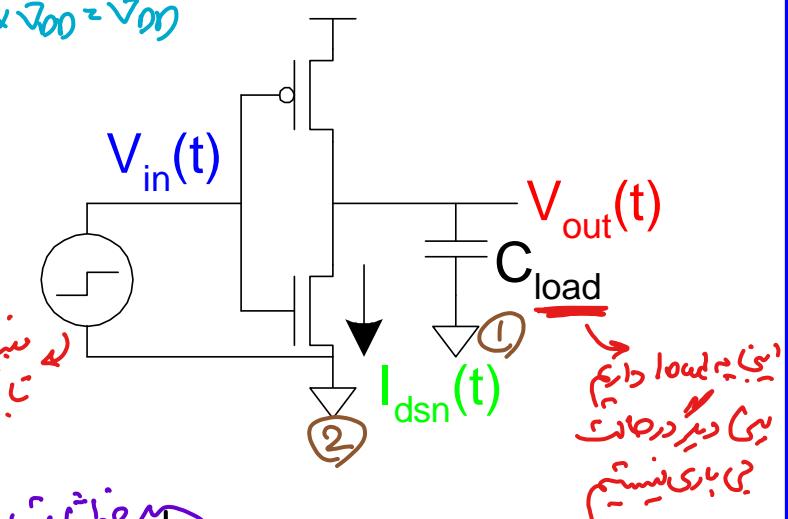
$$V_{in}(t) = u(t - t_0)V_{DD}$$



$$V_{out}(t < t_0) = V_{DD}$$

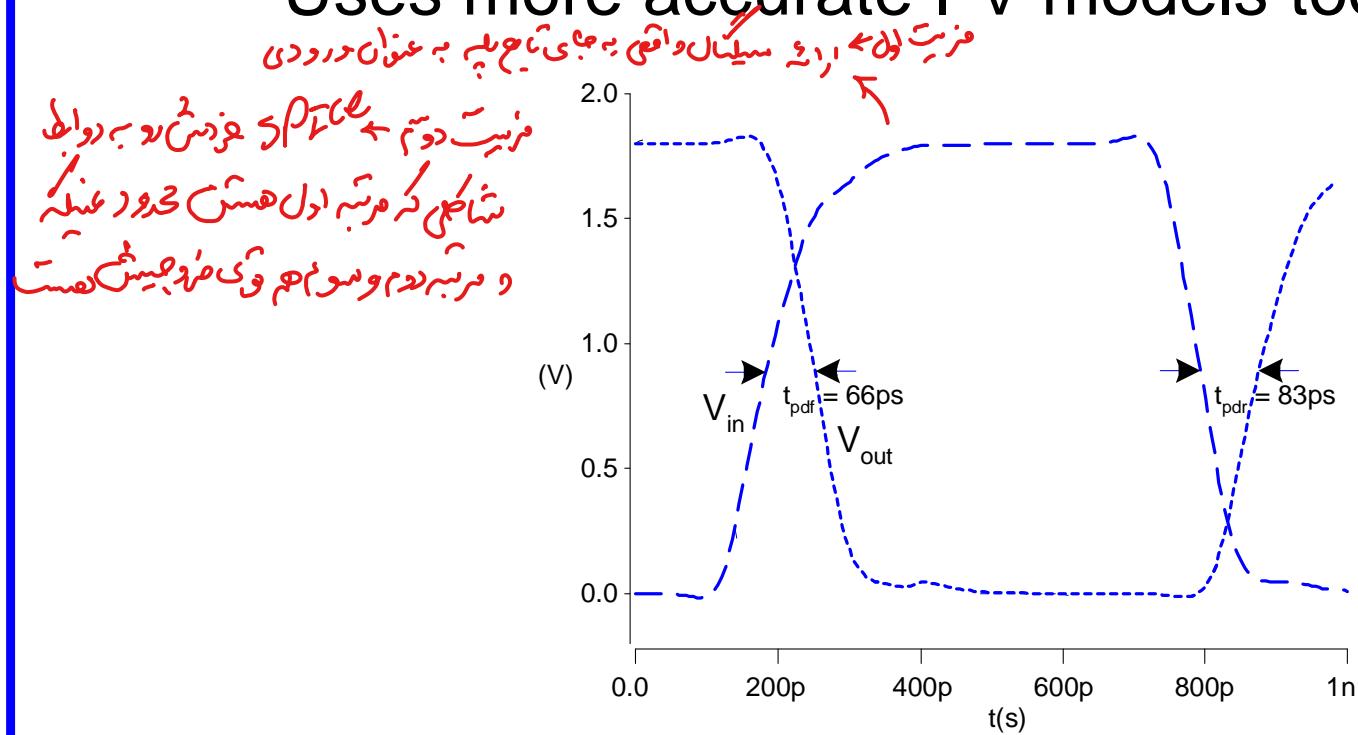
$$\frac{dV_{out}(t)}{dt} = -\frac{I_{dsn}(t)}{C_{load}}$$

مکانیزم کارکرد: مدار اولیه از یک مدار با ولتاژ ثابت V_DD است. این مدار با یک شکننده (Inverter) به مدار دیگر متصل شده است که با ولتاژ V_out(t) کار می‌کند. این مدار دیگر با یک شارژور (Load Capacitor C_load) متصل شده است. این شارژور با ولتاژ V_out(t) کار می‌کند.



Simulated Inverter Delay

- Solving differential equations by hand is too hard
- SPICE simulator solves the equations numerically
 - Uses more accurate I-V models too!



Delay Estimation

Simulation زمان به
 پس از معلمات محاسبه شده
 شبیه سازی دستگاه

- We would like to be able to easily estimate delay
 - Not as accurate as simulation
 - But easier to ask “What if?”
- The step response usually looks like a 1st order RC response with a decaying exponential.
- Use RC delay models to estimate delay
 - C = total capacitance on output node
 - Use effective resistance R
 - So that $t_{pd} = RC \rightarrow C = \frac{Q}{V}, R = \frac{V}{I}, I = \frac{Q}{T}$, second second میانگین RC
- Characterize transistors by finding their effective R
 - Depends on average current as gate switches

ویژگی

RC میانگین، اندیکاتور
 میانگین، میانگین

Tr میانگین را در میانگین
 میانگین میانگین میانگین

Effective Resistance

- Shockley models have limited value
 - Not accurate enough for modern transistors
 - Too complicated for much hand analysis
- Simplification: treat transistor as resistor
 - Replace $I_{ds}(V_{ds}, V_{gs})$ with effective resistance R
 - $I_{ds} = V_{ds}/R \Rightarrow R = \frac{V_{ds}}{I_{ds}}$
 - R averaged across switching of digital gate
- Too inaccurate to predict current at any given time
 - But good enough to predict RC delay

RC Delay Model

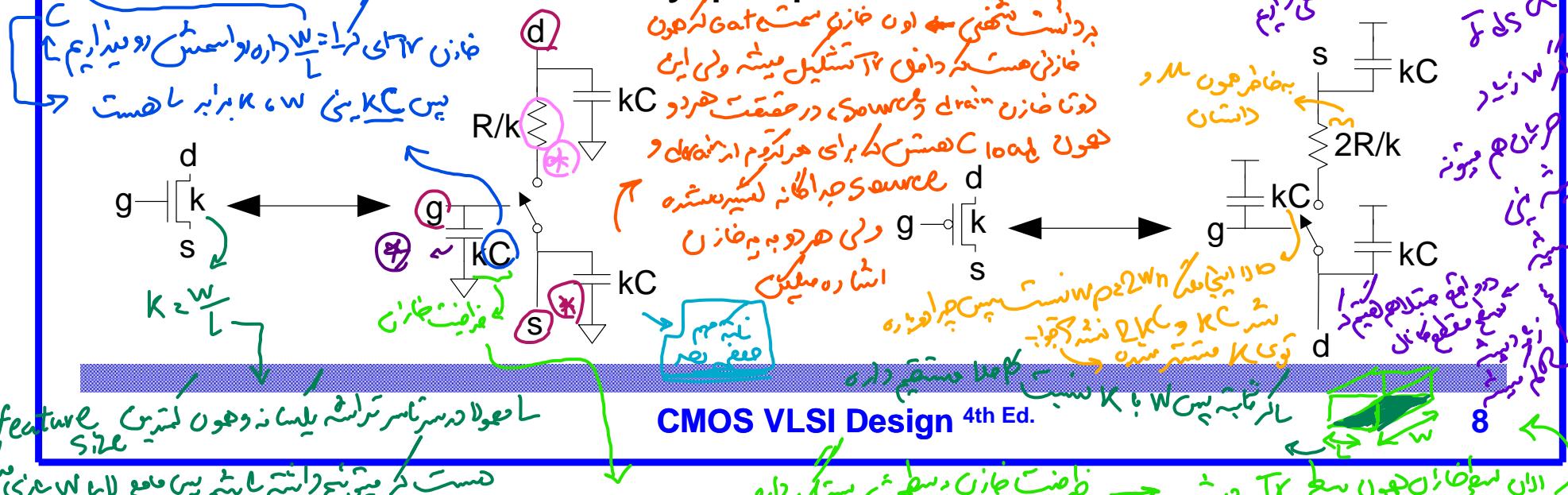
هو احسن و بهترین مدل نشان داده شده است / تری صفت بعد دست سیستم این فضای

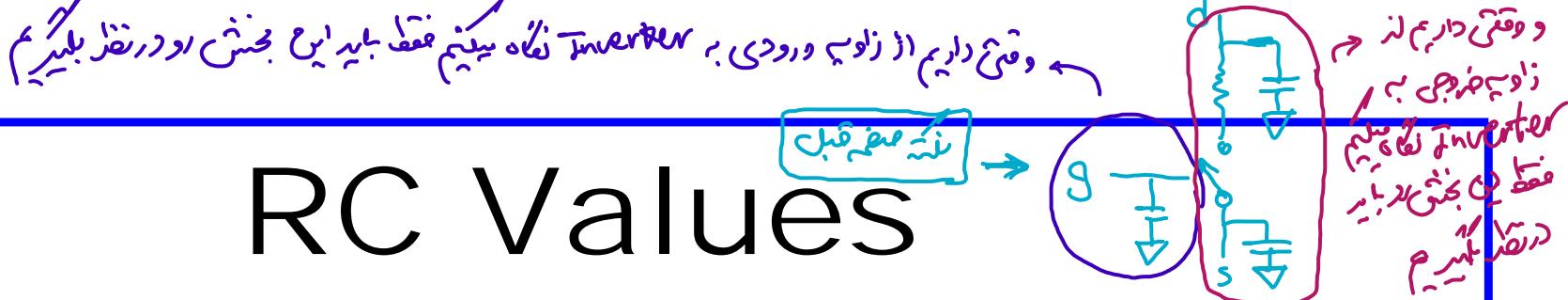
- Use equivalent circuits for MOS transistors

- Ideal switch + capacitance and ON resistance
- Unit nMOS has resistance R , capacitance C
- Unit pMOS has resistance $2R$, capacitance C

- Capacitance proportional to width

- Resistance inversely proportional to width





RC Values

□ Capacitance

- $C = C_g = C_s = C_d = 2 \text{ fF}/\mu\text{m}$ of gate width in $0.6 \mu\text{m}$
- Gradually decline to $1 \text{ fF}/\mu\text{m}$ in 65 nm

□ Resistance

- $R \approx 10 \text{ K}\Omega \cdot \mu\text{m}$ in $0.6 \mu\text{m}$ process
- Improves with shorter channel lengths
- $1.25 \text{ K}\Omega \cdot \mu\text{m}$ in 65 nm process

□ Unit transistors

- May refer to $k=1$
- Doesn't matter as long as you are consistent

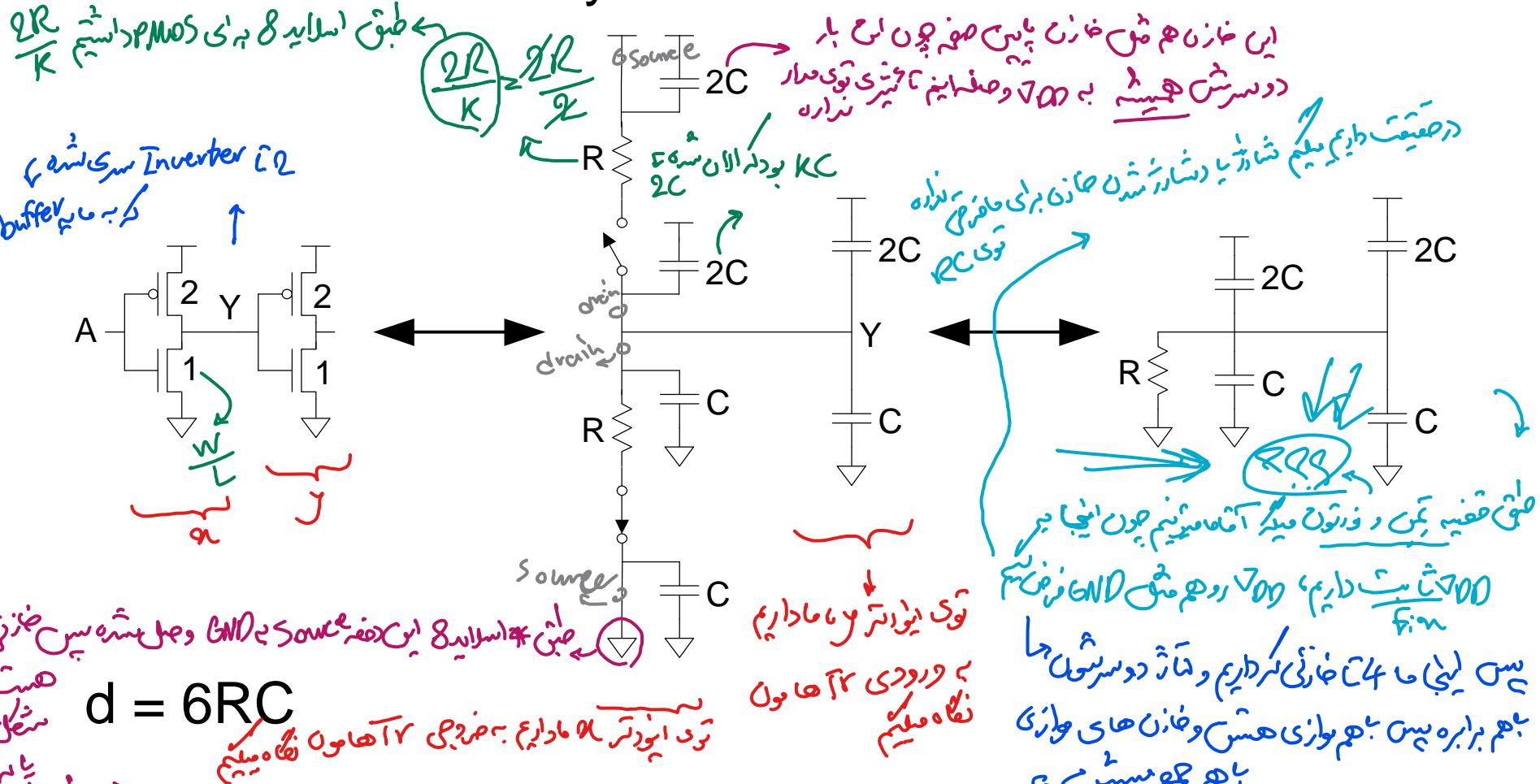
جون W و L رو بحصوات کلی بجزئیات سیمی در صفحه دیگر داشته باشیم
feature size بر این مبنای خود داده شده در اینجا داشتیم

$$\downarrow R = \frac{V}{I} \quad \begin{matrix} \text{بین میدان} \\ \text{کامپون بیس} \end{matrix}$$

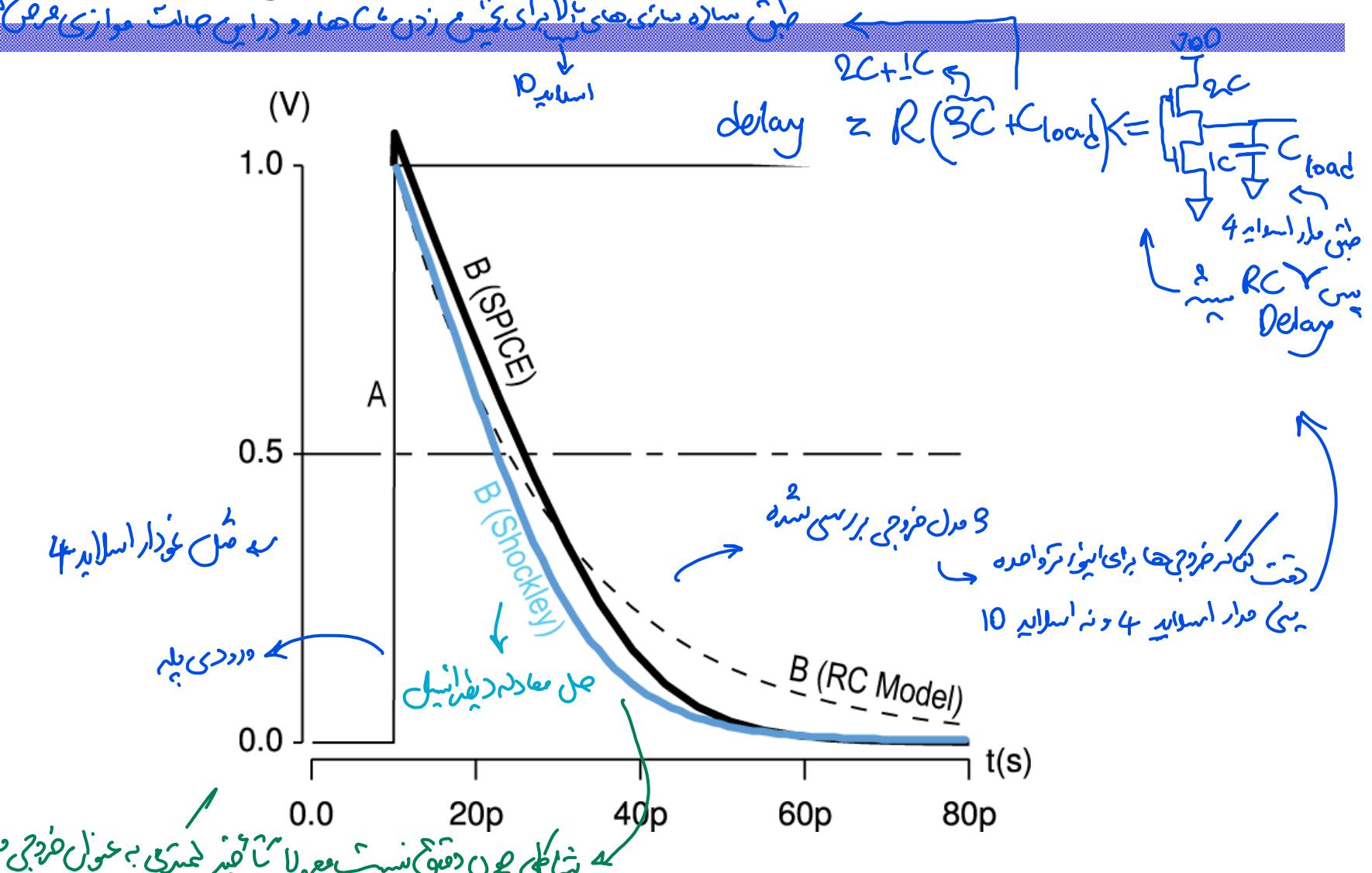
قبل از تقویت لذوقی نمایی گویی کرد و بعد از آن switch سویی دارند که میتوان پس از این فضای فضایی را داشت (حین خروجی صفر مدار این فرض نکردیم) \rightarrow

Inverter Delay Estimate

□ Estimate the delay of a fanout-of-1 inverter

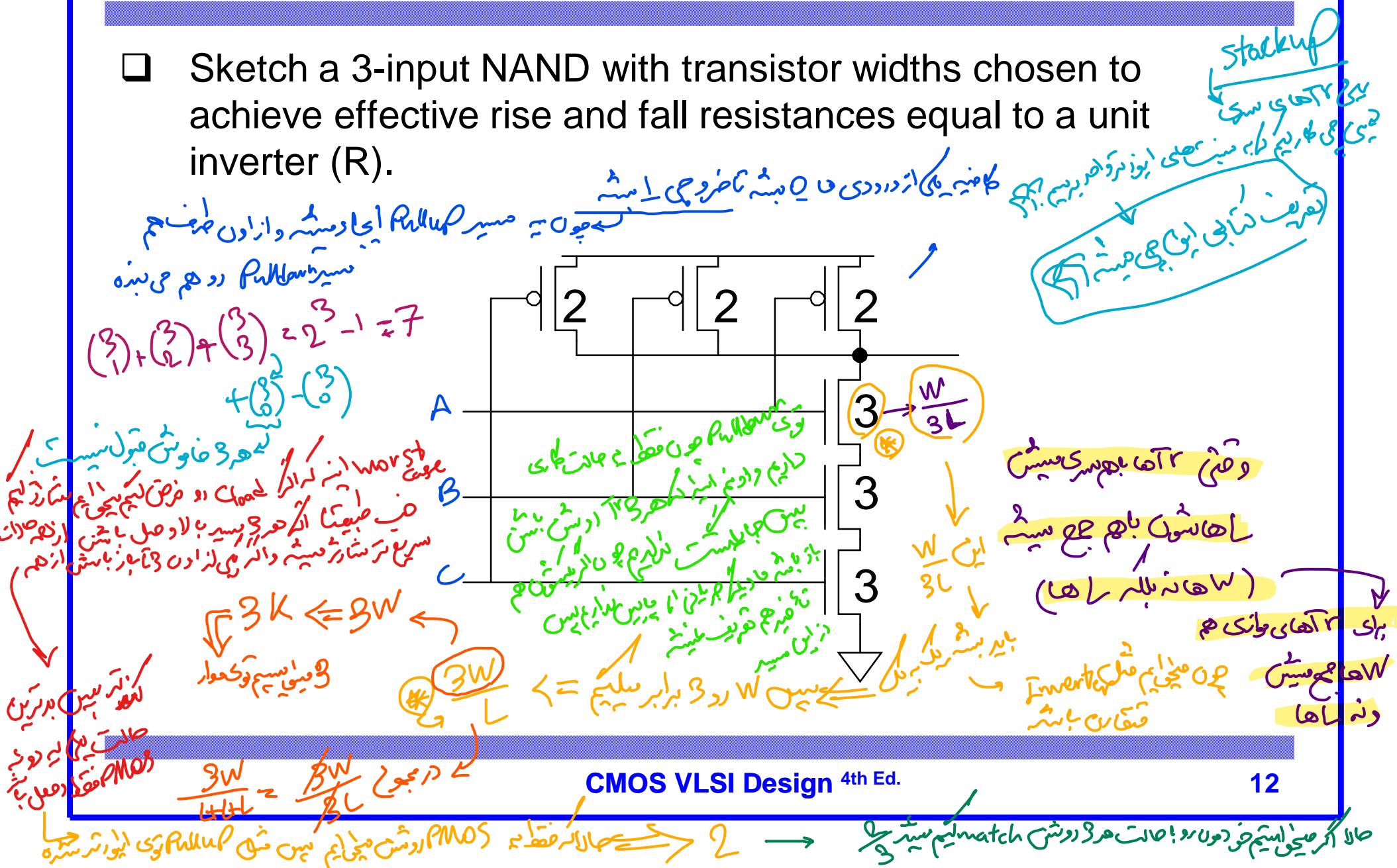


Delay Model Comparison



Example: 3-input NAND

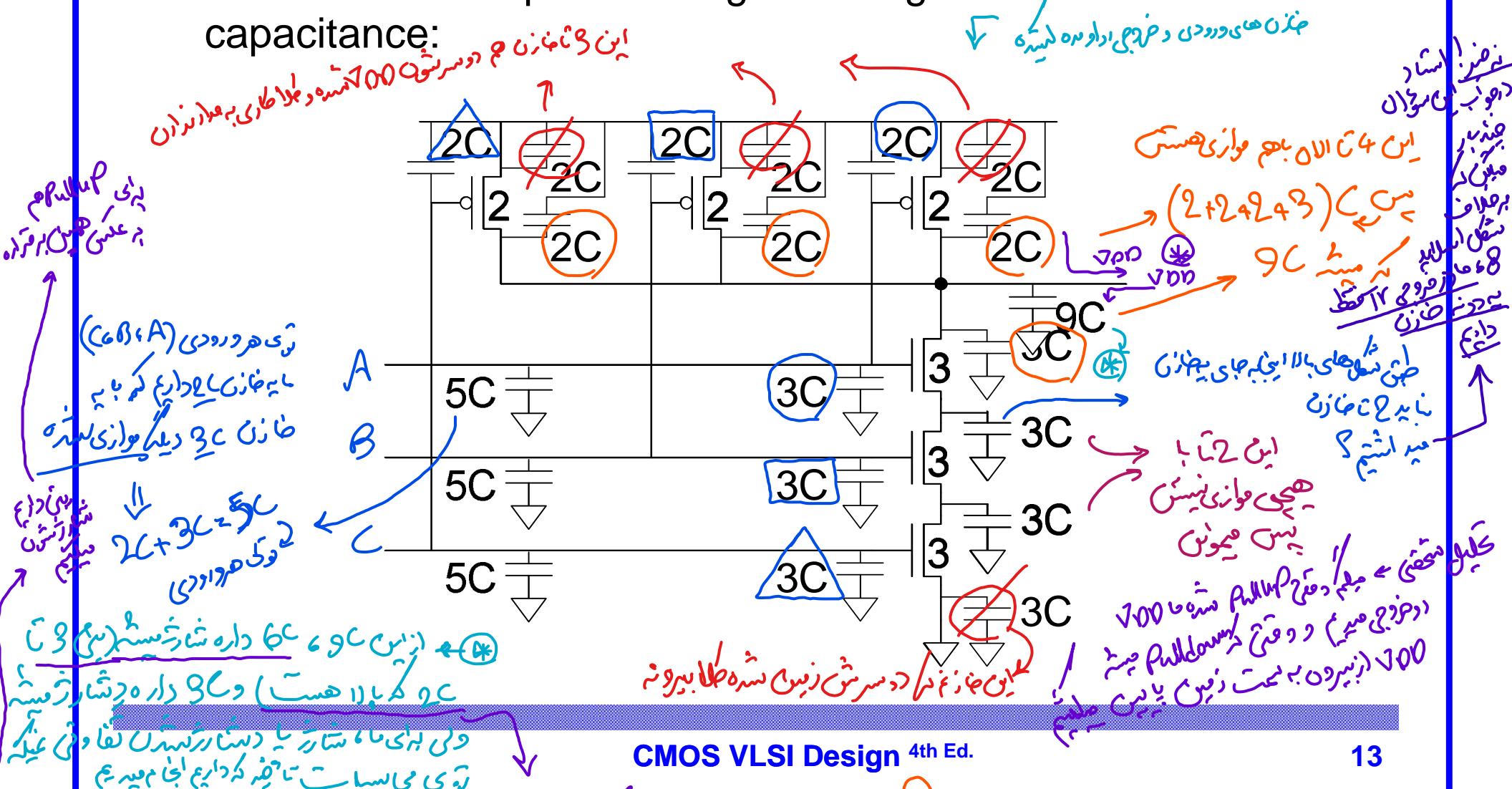
- Sketch a 3-input NAND with transistor widths chosen to achieve effective rise and fall resistances equal to a unit inverter (R).



3-input NAND Caps

Capacitors

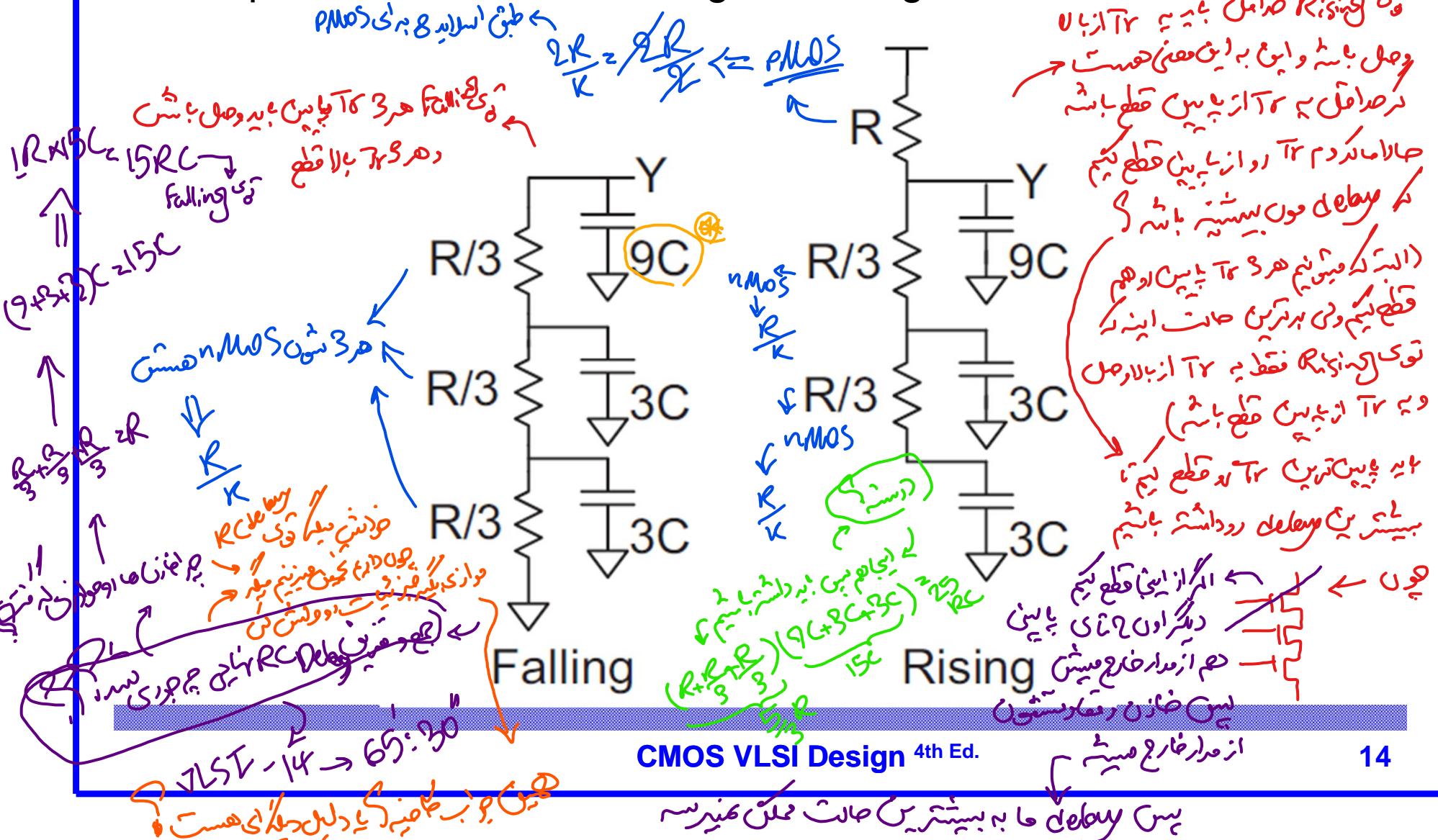
- Annotate the 3-input NAND gate with gate and diffusion capacitance:



آهای خاموش ، مقادیرستون حساب میش و به همین خاطر اینجا عالی نداریم
اگر دستن از فریدی به عنوان طبله ای و سخن

3-input NAND Delays

- Equivalent circuits for falling and rising transitions:



فقط RC model
کیا سیم چون نهادوت نیست

Elmore Delay

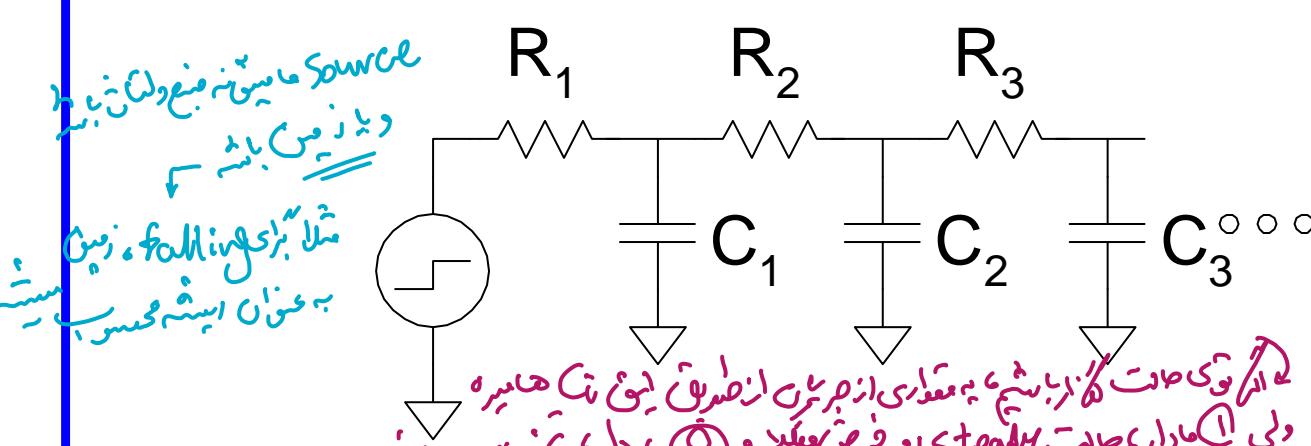
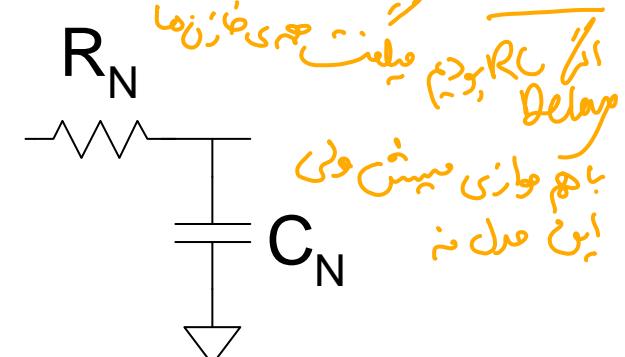
از تیغ RC Delay

- ON transistors look like resistors
- Pullup or pulldown network modeled as *RC tree*
- Elmore delay of RC tree

$$t_{pd} \approx \sum_{\text{nodes } i} R_{i-\text{to-source}} C_i \rightarrow \text{تفصیل نو در ساره و بدین معنی}$$

$$= R_1 C_1 + (R_1 + R_2) C_2 + \dots + (R_1 + R_2 + \dots + R_N) C_N$$

دستگاه میکروپردازه
نوسان RC Delay

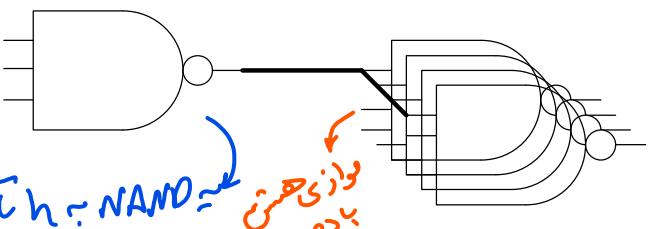


$$R(9+5hC) + \left(\frac{R}{3} + R\right)3C + \left(R + \frac{R}{3} + \frac{R}{3}\right)3C = 18RC + 5hRC \leftarrow \text{الاهم ریشه رویار بگیر این میشود}$$

$$\frac{9R+5hRC}{4RC} \quad \frac{5RC}{5RC} \quad \frac{(18+5h)RC}{2}$$

Example: 3-input NAND

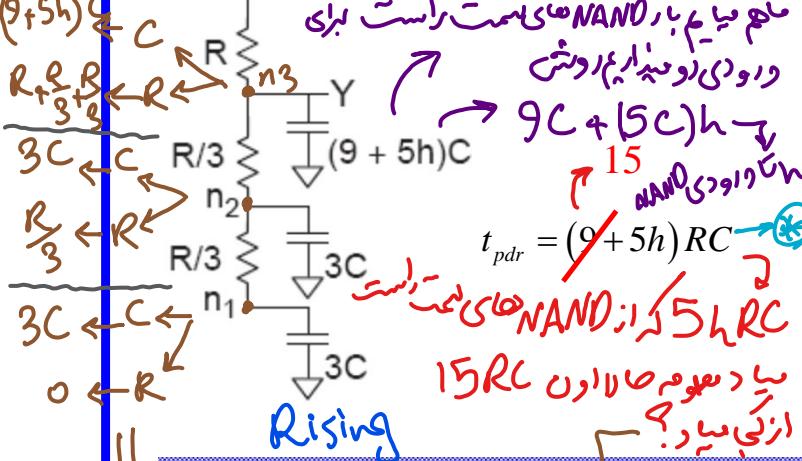
- Estimate worst-case rising and falling delay of 3-input NAND driving h identical gates.



نمونه کوچکی h - NAND
و مدل نمایه

\rightarrow fanout h

معادله دستگاه دریافت جباری راست برای 9C \leftarrow *

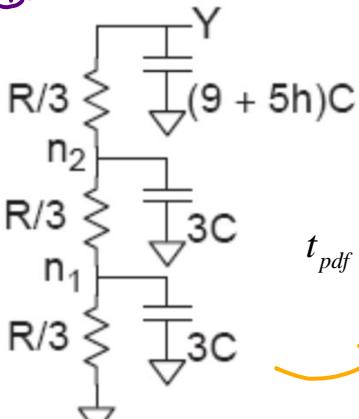
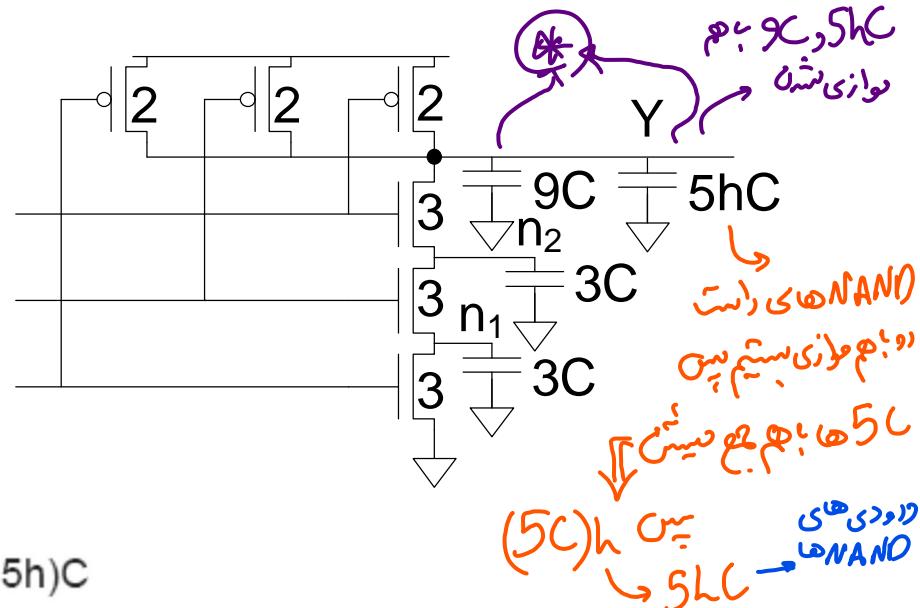


Rising

$n_1 \rightarrow 3C \times 0 = 0RC$

$n_2 \rightarrow 3C \times \frac{R}{3} = 1RC$

$n_3 \rightarrow (9+5h)C \times \left(\frac{R}{3} + \frac{R}{3} + \frac{R}{3}\right) = 9C \times \frac{5}{3}R + 5hC \times \frac{5}{3}R = 15RC + \frac{25}{3}hRC$



Falling $\frac{5}{3}R$

CMOS VLSI Design 4th Ed.

$$t_{pdf} = (3C)\left(\frac{R}{3}\right) + (3C)\left(\frac{R}{3} + \frac{R}{3}\right) + [(9+5h)C]\left(\frac{R}{3} + \frac{R}{3} + \frac{R}{3}\right)$$

$$= (12+5h)RC$$

مقداری از این دستگاه در فرمت متری داشت (متری دستگاه در فرمت متری داشت)

VLSI-14 $\rightarrow 75:15''$

از این دستگاه در فرمت متری داشت (متری دستگاه در فرمت متری داشت)

5hRC $\rightarrow 25:15''$

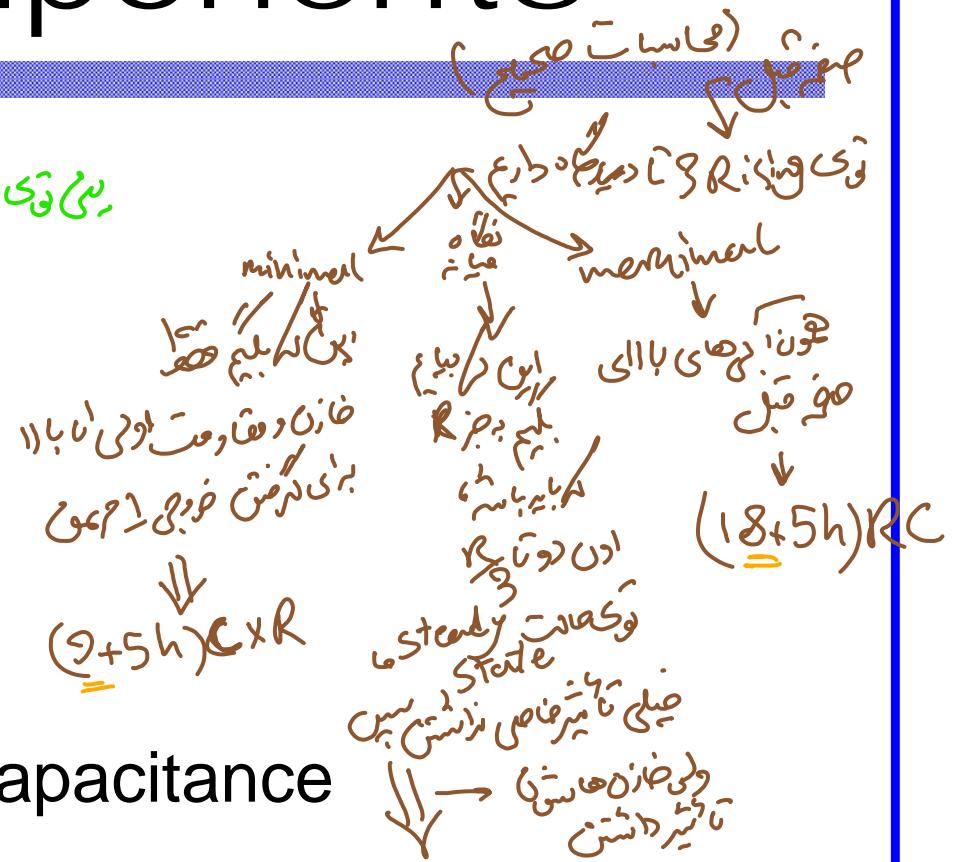
از این دستگاه در فرمت متری داشت (متری دستگاه در فرمت متری داشت)

16

Delay Components

- Delay has two parts
 - Parasitic delay
 - 15 or 12 RC
 - Independent of load
 - Effort delay
 - 5h RC
 - Proportional to load capacitance

کل داره معنی سطح ای / محاسبه ۲ قسمت داره
و (۱) قسمت که ب Load داشته سیستم (Parasitic delay)
و (۲) قسمت که ب Load داشته هست (Effort delay)
که هر دو با هم روبرو باشند و این دلاین بیشتر میشه داشت



Homeworks

- Chapter 4 exercise: 4.4
 - Due date: 1402/9/7
-