

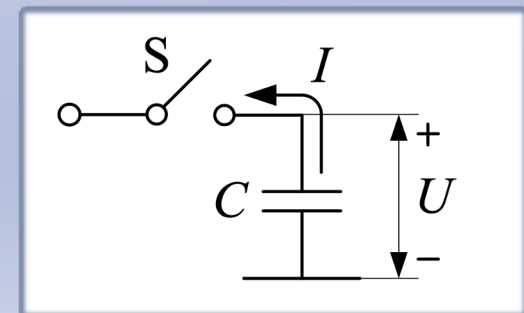
The background features a light blue gradient with a decorative circuit board pattern. The pattern consists of thin, dark blue lines representing traces and small circles representing components, arranged in a complex, branching structure that resembles a printed circuit board (PCB) layout. The pattern is most dense on the left side and fades towards the right.

# RAČUNARSKI HARDVER

ELEKTRONSKE MEMORIJE. VJEŽBE

## ZADATAK 1

Zbog nesavršenosti prekidača  $S$ , kod osnovne ćelije DRAM-a prisutna je struja curenja  $I$ . Ukoliko je u ćeliju DRAM-a upisana logička jedinica izražena naponom napajanja  $V_{DD}$ , izračunati minimalnu frekvenciju osvježavanja DRAM-a  $f_{min}$ . Ispravno očitavanje degradirane logičke jedinice podrazumijeva da napon na krajevima kondenzatora  $C$  ne smije biti manji od  $\frac{2}{3}V_{DD}$ . Poznato je:  $V_{DD} = 2.4 \text{ V}$ ,  $I = 10 \text{ nA}$ ,  $C = 20 \text{ fF}$ .



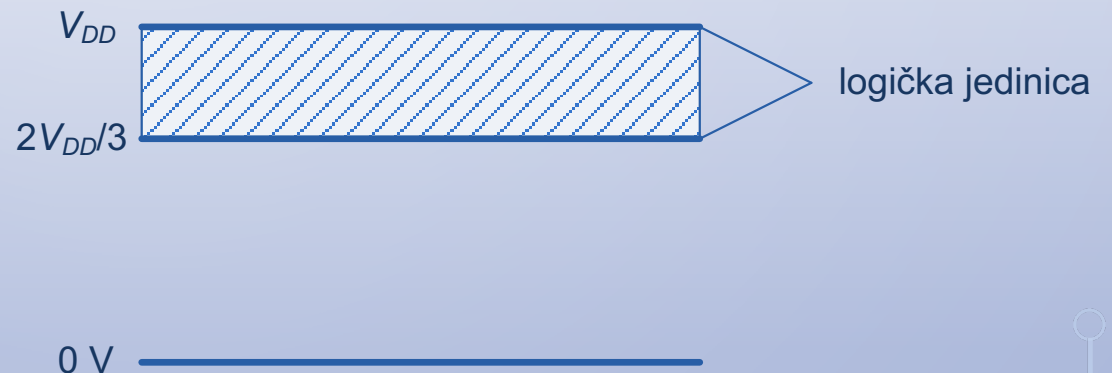
## ZADATAK 1

$$f_{min} = \frac{1}{\Delta t}$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta Q}{I}$$

$$\Delta Q = C \Delta U \Rightarrow \Delta t = C \frac{\Delta U}{I}$$

$$\Delta U = V_{DD} - \frac{2}{3} V_{DD} = \frac{V_{DD}}{3}$$



## ZADATAK 1

$$f_{min} = \frac{1}{\Delta t}$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta Q}{I}$$

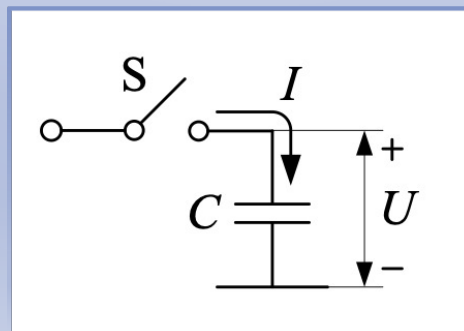
$$\Delta Q = C \Delta U \Rightarrow \Delta t = C \frac{\Delta U}{I}$$

$$\Delta U = V_{DD} - \frac{2}{3}V_{DD} = \frac{V_{DD}}{3} \Rightarrow \Delta t = C \frac{V_{DD}}{3I}$$

$$f_{min} = \frac{1}{\Delta t} = \frac{3I}{CV_{DD}} = \frac{3 \cdot 10 \text{ nA}}{20 \text{ fF} \cdot 2.4 \text{ V}} = 625 \text{ kHz}$$

## ZADATAK 2

Zbog nesavršenosti prekidača  $S$ , kod osnovne ćelije DRAM-a prisutna je struja curenja  $I$ . Ukoliko je u ćeliju DRAM-a upisana logička nula izražena naponom od 0 V, izračunati maksimalnu dužinu  $a_{max}$  ploče kondenzatora  $C$  kvadratnog oblika ako je minimalnu frekvenciju osvježavanja DRAM-a  $f_{min} = 1$  MHz. Ispravno očitavanje degradirane logičke nule podrazumijeva da napon na krajevima kondenzatora  $C$  ne smije biti veći od  $V_{DD}/3$ . Poznato je:  $V_{DD} = 2.1$  V,  $I = 12$  nA,  $d = 2$  nm (rastojanje između obloga kondenzatora),  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$  F/m (dielektrična konstanta vazduha),  $\epsilon_r = 3.8$  (relativna dielektrična konstanta  $\text{SiO}_2$  od kojeg je napravljen izolator kondenzatora).



## ZADATAK 2

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{a_{max}^2}{d} \Rightarrow a_{max} = \sqrt{\frac{dC}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}}$$

$$\Delta Q = C \Delta U \Rightarrow C = \frac{\Delta Q}{\Delta U}$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta Q = I \Delta t \Rightarrow C = \frac{I \Delta t}{\Delta U}$$

$$\Delta t = \frac{1}{f_{min}}$$

$$\Delta U = \frac{V_{DD}}{3} - 0 \text{ V} = \frac{V_{DD}}{3}$$



## ZADATAK 2

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{a_{max}^2}{d} \Rightarrow a_{max} = \sqrt{\frac{dC}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}}$$

$$\Delta Q = C \Delta U \Rightarrow C = \frac{\Delta Q}{\Delta U}$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta Q = I \Delta t \Rightarrow C = \frac{I \Delta t}{\Delta U}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta t = \frac{1}{f_{min}} \\ \Delta U = \frac{V_{DD}}{3} - 0 V = \frac{V_{DD}}{3} \end{array} \right\} \Rightarrow C = \frac{I \Delta t}{\Delta U} = \frac{3I}{f_{min} V_{DD}}$$

## ZADATAK 2

$$a_{max} = \sqrt{\frac{dC}{\epsilon_0 \epsilon_r}}$$

$$C = \frac{3I}{f_{min} V_{DD}}$$

$$a_{max} = \sqrt{\frac{3Id}{\epsilon_0 \epsilon_r f_{min} V_{DD}}}$$

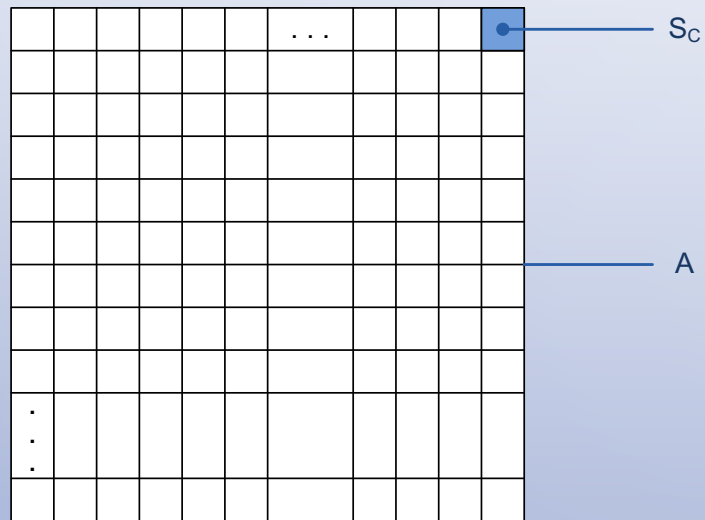
$$a_{max} = \sqrt{\frac{3 \cdot 12 \text{ nA} \cdot 2 \text{ nm}}{8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot 3.8 \cdot 1 \text{ MHz} \cdot 2.1 \text{ V}}} = 1 \mu\text{m}$$



## ZADATAK 3

Koliki je memorijski kapacitet MC DRAM-a napravljenog u formi čipa površine  $A = 1 \text{ cm}^2$  ako je kondenzator osnovne ćelije DRAM-a realizovan kao pločasti kondenzator kapacitivnosti  $C = 33 \text{ fF}$ , sa rastojanjem između obloga kondenzatora  $d = 1 \text{ nm}$ ? Poznato je:  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$  (dielektrična konstanta vazduha),  $\epsilon_r = 3.8$  (relativna dielektrična konstanta  $\text{SiO}_2$  od kojeg je napravljen izolator kondenzatora). Površina koju zauzima prekidač S u sklopu osnovne ćelije DRAM-a može se zanemariti.

## ZADATAK 3



$$MC = \frac{A}{S_c}$$

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S_c}{d} \Rightarrow S_c = \frac{dC}{\epsilon_0 \epsilon_r}$$

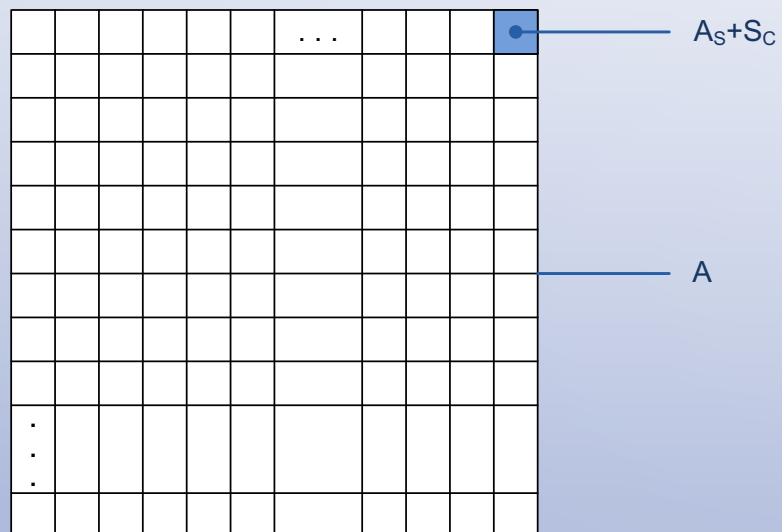
$$MC = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{dC}$$

$$MC = \frac{8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot 3.8 \cdot 1 \text{ cm}^2}{1 \text{ nm} \cdot 33 \text{ fF}} = 101.9 \cdot 10^6 \text{ b}$$

## ZADATAK 4

Koliko je rastojanje  $d$  između obloga kondenzatora osnovne ćelije DRAM-a u sklopu memorijskog čipa površine  $A=2 \text{ cm}^2$  memorijskog kapaciteta  $MC=10^9 \text{ b}$ ? Poznato je:  $C=5 \text{ fF}$ ,  $\varepsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$  (dielektrična konstanta vazduha),  $\varepsilon_r=3.8$  (relativna dielektrična konstanta  $\text{SiO}_2$  od kojeg je napravljen izolator kondenzatora), a površina  $A_S$  koju zauzima prekidač  $S$  u osnovnoj ćeliji DRAM-a jednaka je površini kondenzatora  $C$ .

## ZADATAK 4



$$MC = \frac{A}{A_S + S_C} = \frac{A}{2S_C} \Rightarrow S_C = \frac{A}{2MC}$$

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S_C}{d} \Rightarrow d = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S_C}{C} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{C \cdot 2MC}$$

$$d = \frac{8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot 3.8 \cdot 2 \text{ cm}^2}{5 \text{ fF} \cdot 2 \cdot 10^9 \text{ b}} = 0.67 \text{ nm}$$