

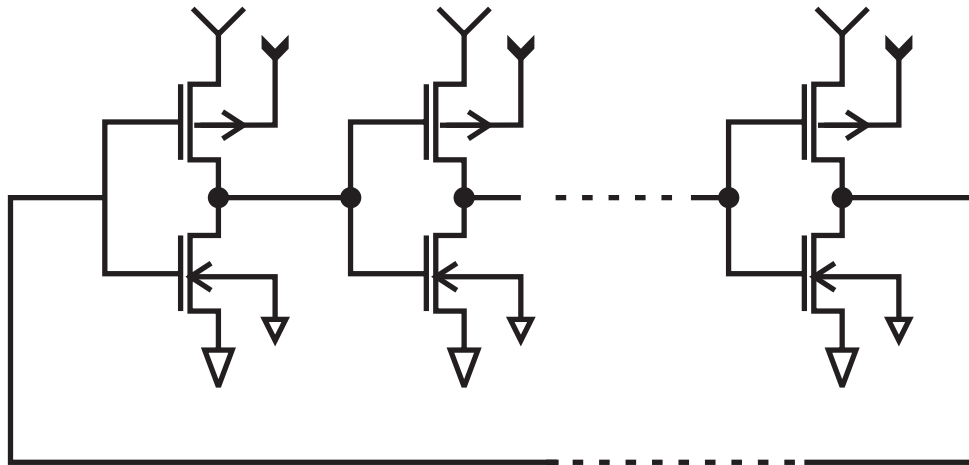
## ELEKTRONISCHE SCHAKELINGEN

Toets 2000-3

Naam:  
Studienummer:

Bijna alle moderne digitale chips worden als een synchroon systeem ontworpen. Dat betekent dat op zo'n chip een of meer kloksignalen aanwezig zijn. Soms worden deze signalen van een externe klok afgeleid en soms moeten ze op de chip gegenereerd worden. In het laatste geval hoort er dus een klokgenerator op de chip aanwezig te zijn. Er zijn vele mogelijkheden om zo'n klokgenerator te realiseren, maar de eenvoudigste is wat men een ring-oscillator noemt. Deze is weergegeven in de figuur hieronder. Deze bestaat uit een aantal identieke invertoren die men achter elkaar zet: de uitgang van de een wordt de ingang van de volgende en de laatste uitgang wordt op de ingang van de eerste invertor gezet.

Meestal is het nodig om met een klokgenerator een bepaalde klokfrequentie te realiseren. Er is natuurlijk een grens aan wat in een bepaalde technologie bereikbaar is. In het geval van de toets gaat het om cmos-invertoren. De belasting van elke invertor is natuurlijk de gate-capaciteit van de volgende invertor, de eigen drain-capaciteit en een externe capaciteit, bij voorbeeld nodig om het signaal beschikbaar te maken. Voorlopig nemen we aan dat de gate-capaciteit domineert en we verwaarlozen de drain-capaciteit en de eventuele externe capaciteit.



We willen een gegeven ring een zo hoog mogelijke klokfrequentie laten produceren. De kanaallengte is voor beide transistoren gelijk, en voor de breedte van de nmos-transistor kiezen we een minimumwaarde. We nemen aan dat de invertoren na elkaar schakelen.

Gegevens:

$$\epsilon_o = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}^2$$

$$\epsilon_o x = 4$$

$$\mu_n = 0.0625 \text{ m}^2/\text{Vs}$$

$$\mu_p = 0.0256 \text{ m}^2/\text{Vs}$$

$$D = 20 \text{ nm}$$

$$V_{tno} = -V_{tpo} = 0.6 \text{ V}$$

$$\gamma = 0.64 \text{ V}^{0.5} \text{ (voor beide types)}$$

$$V_i = 0.4 \text{ V (voor beide types)}$$

$$L = 0.5 \mu\text{m}$$

$$W_n = 1 \mu\text{m}$$

$$V_+ = 3 \text{ V}$$

Vraag 1:

Uit hoeveel invertoren zou U de ring opbouwen?

Vraag 2:

Hoeveel dynamische en hoeveel statische geheugen-elementen bevat een ring-oscillator?

Vraag 3:

Wat gebeurt er met de klokfrequentie als alle transistoren tweemaal zo breed gemaakt worden?

Vraag 4:

Wat gebeurt er met de klokfrequentie als de externe capaciteit niet verwaarloosd mag worden? (We nemen aan dat elke invertor met dezelfde capaciteit belast wordt.)

Vraag 5:

Wat is de optimale breedte van de pmos-transistor, dwz voor een zo hoog mogelijke klokfrequentie?

**Schrijf het antwoord op dit papier en motiveer uw antwoord op een ander vel!**