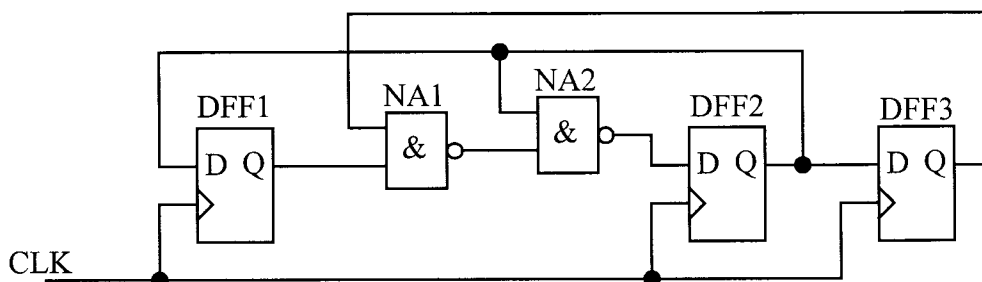


1. a) Mikä on kuvan 1 synkronisen piirin teoreettinen maksimikellotaajuus, kun D-kiikun etenemisviive t_{DFF} kellotulosta lähtöön on 2 ns, asettumisaika t_{setup} 1 ns ja pitoaika t_{hold} 0 ns (siis nolla ns). NAND-portin viive t_{NA} tulosta lähtöön on 1 ns?
- b) Esitä ajoituskaaviolla eri solmupisteiden ajoitus maksimikellotaajuudella. (Solmupisteiden todellisista loogisista arvoista ei tarvitse välittää.)
- c) Mikä piirin kohta on herkin kellopoikkeamalle (clock skew), kun piirin toimintataajuus on reilusti alle maksimikellotaajuuden?
- d) Kuinka suurta kellopoikkeamaa piiri teoriassa sietää kohdan c) tilanteessa?
- e) Esitä kohdan d) päätelmä ajoituskaaviona.



Kuva 1.

2. Esitä 3-bittisen kierretyn rengaslaskurin (twisted ring counter, Johnson-laskuri, Möbius-laskuri)
 - a) rakenne ja
 - b) toiminta.
 - c) Mitä tapahtuu, jos ko. laskuri joutuu häiriötilanteen takia kiellettyyn tilaan?
 - d) Lisää laskuriin takaisinkytkentälogiikka, joka saattaa laskurin oikeaan sekvenssiin virhetilanteessa. Vihje: $D_0 = \overline{Q}_{m-1} + Q_0 \overline{Q}_{m-2} \dots \overline{Q}_{m-1-p}$, missä $p = \text{int}(m/3)$ (kokonaisosa $m/3$:sta), missä m on kiikkujen lkm. Kiikut numeroidaan nolasta $m-1$:teen.

3. Selitä seuraavien puolijohdemuistityyppien olennaiset ominaisuudet:

- a) Staattinen RAM-muisti
- b) Dynaaminen RAM-muisti
- c) VDRAM (Video DRAM)
- d) EDO DRAM (Extended Data Output DRAM)
- e) SDRAM (Synchronous DRAM)
- f) FIFO-muisti

4. Käytössäsi on 3 kappaletta 16×4 RAM-lohkoja. RAM-lohkon dataväylä on kaksisuuntainen eli dataa kirjoitettaessa väylä toimii datatulona (input) ja luettaessa se on datalähtö (output). Piirrä arkkitehtuurikaavio, jossa näistä 16×4 -lohkoista on kytketty 16×12 -bittinen RAM.