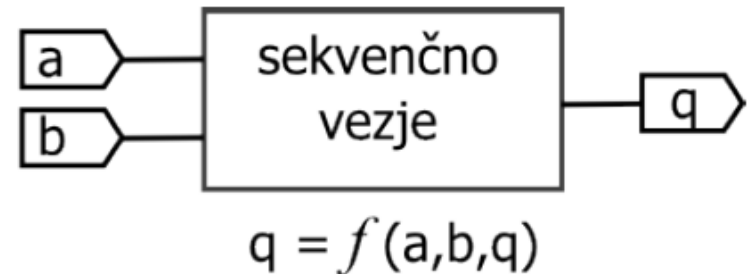
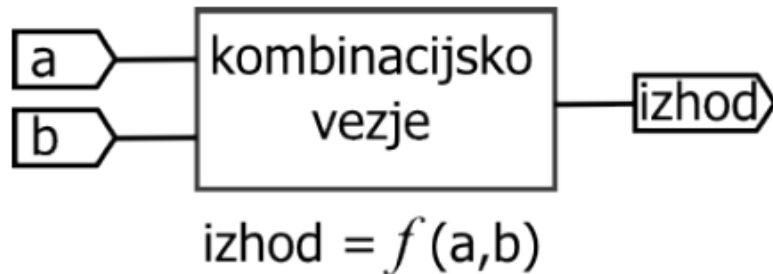


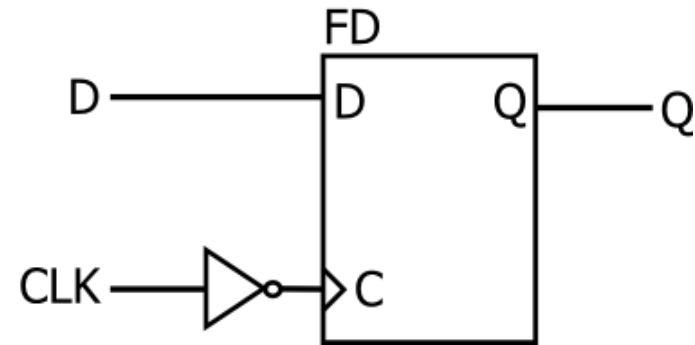
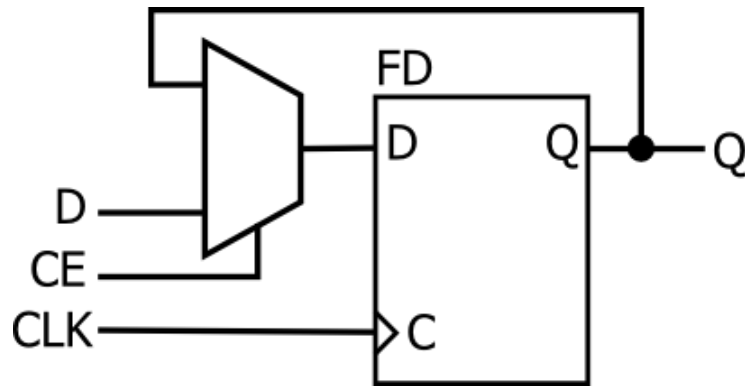
# Kombinacijska in sekvenčna vezja - teorija

- ▶ dele vezja ali gradnike obravnavamo kot črno škatlo
  - ▶ opazujemo le vhodne in izhodne signale

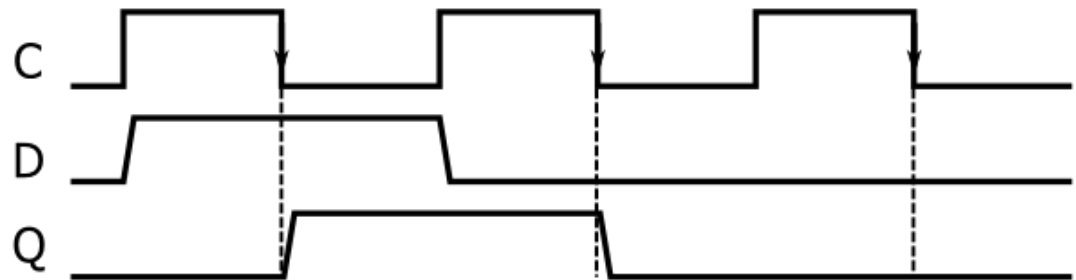
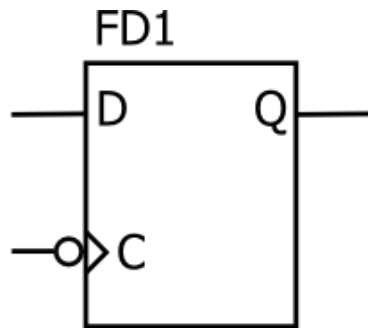


- ▶ **Kombinacijsko vezje**
  - ▶ sestavljeno iz logičnih vrat brez povratnih zank
  - ▶ če ima  $n$  vhodov, ga opišemo s tabelo z  $2^n$  vrsticami
- ▶ **Sekvenčno vezje**
  - ▶ vsebuje pomnilne elemente, ki določajo stanje vezja
  - ▶ če vsebuje  $n$  flip-flopov, ima  $2^n$  različnih stanj
  - ▶ **sekvenčno vezje ima uro!**

# Preprosta sekvenčna vezja

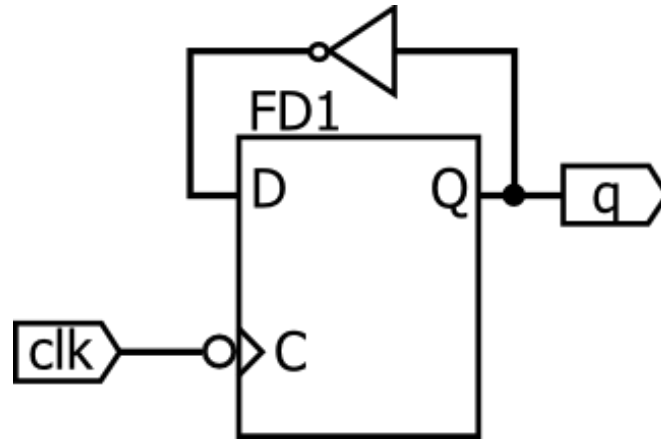


- ▶ vezje z enim flip-flopom ima dve logični stanji (0 in 1)
- ▶ Flip-flop, ki proži na zadnjo fronto-ure:



# Preprosta sekvenčna vezja

- ▶ Flip-flop, ki preklaplja vrednost na izhodu

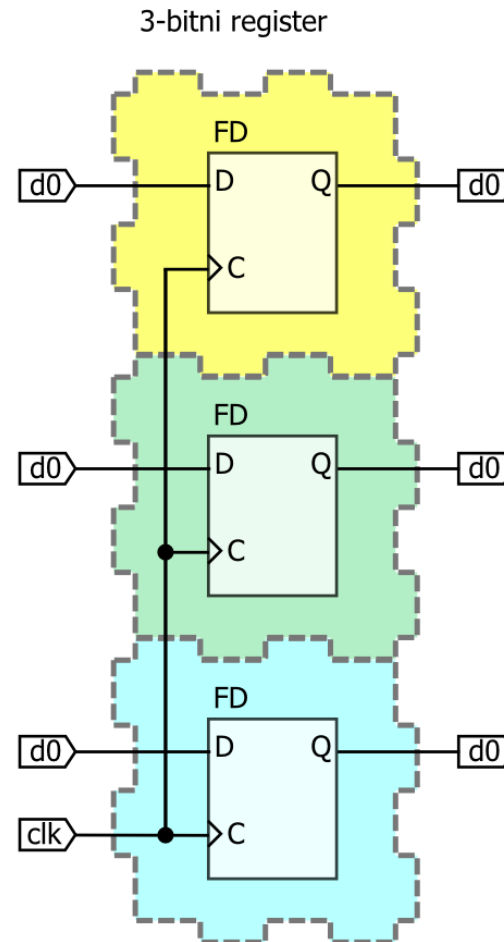
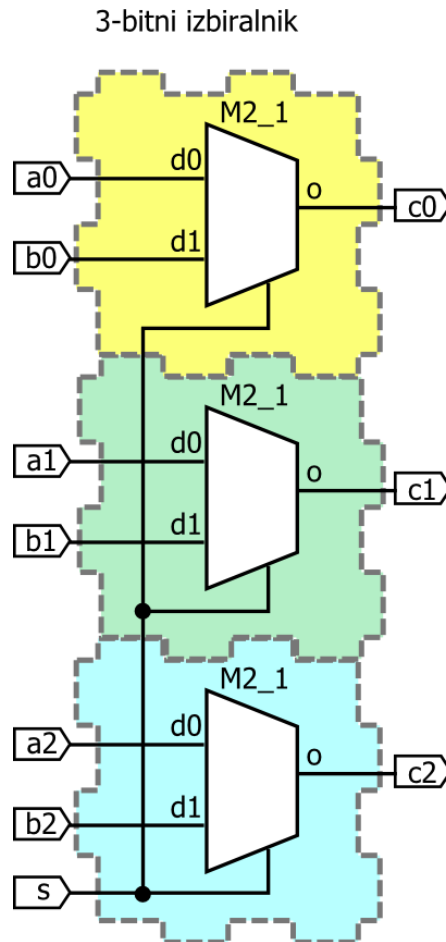


- ▶ Kako naredimo flip-flop, ki preklaplja ali ohranja vrednost ?
  - ▶ angl. **Toggle Flip-Flop**

| T q | d |
|-----|---|
| 0 0 | 0 |
| 0 1 | 1 |
| 1 0 | 1 |
| 1 1 | 0 |

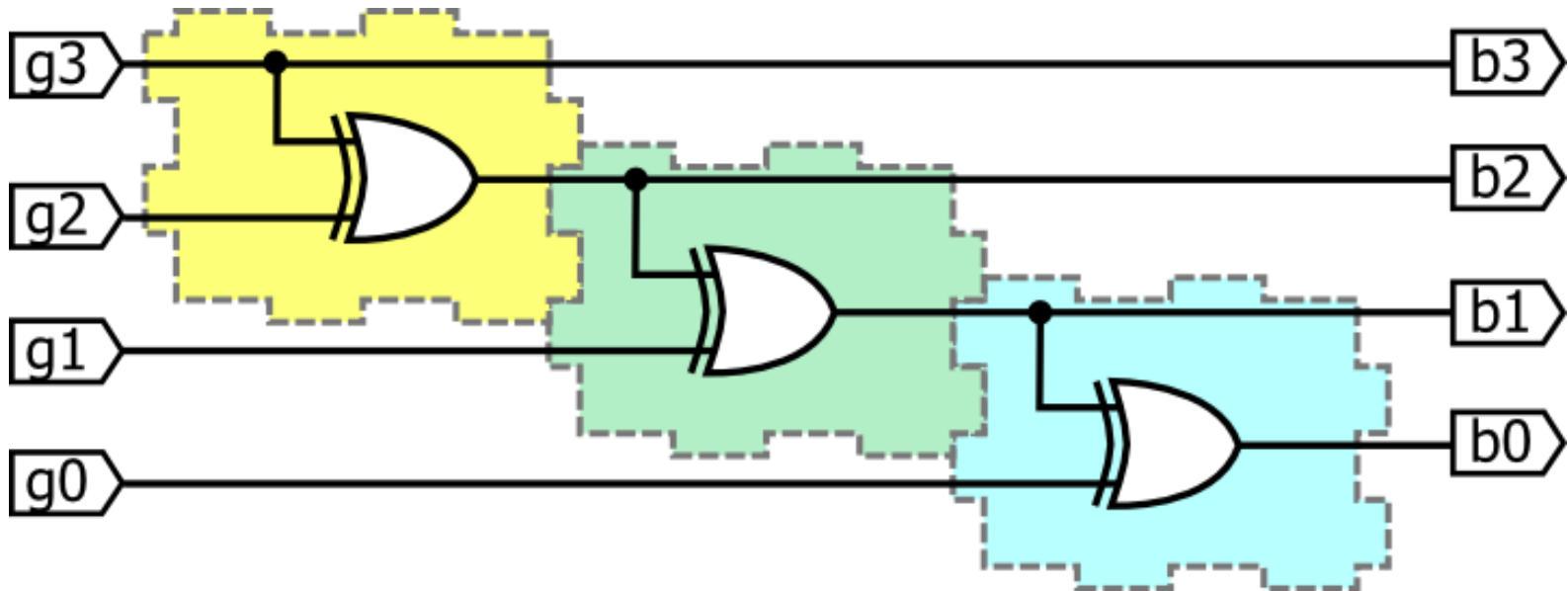
# Vzporedna vezava logičnih gradnikov

- ▶ posamezni podatkovni signali niso med seboj povezani
  - ▶ krmilni signali so lahko vezani skupaj
- ▶ zakasnitev taka, kot če bi imeli en gradnik



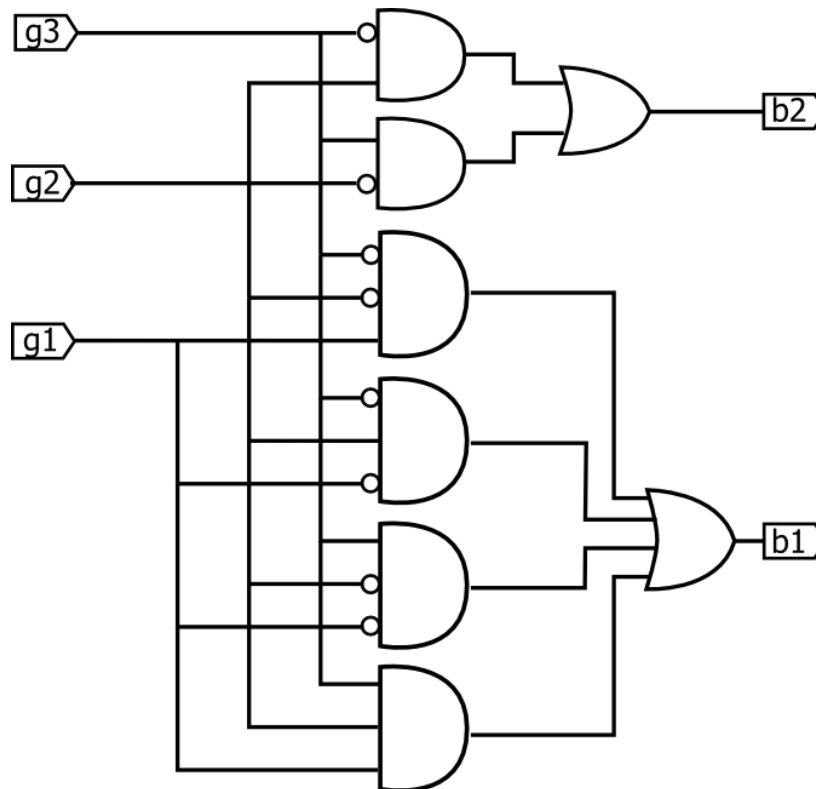
# Zaporedna vezava kombinacijskih gradnikov

- ▶ signali se pri zaporednem prehodu čez gradnike zakasniyo
  - ▶ prek **n** kombinacijskih elementov je zakasnitev **n**-krat večja
- ▶ npr. dekodirnik Grayeve kode



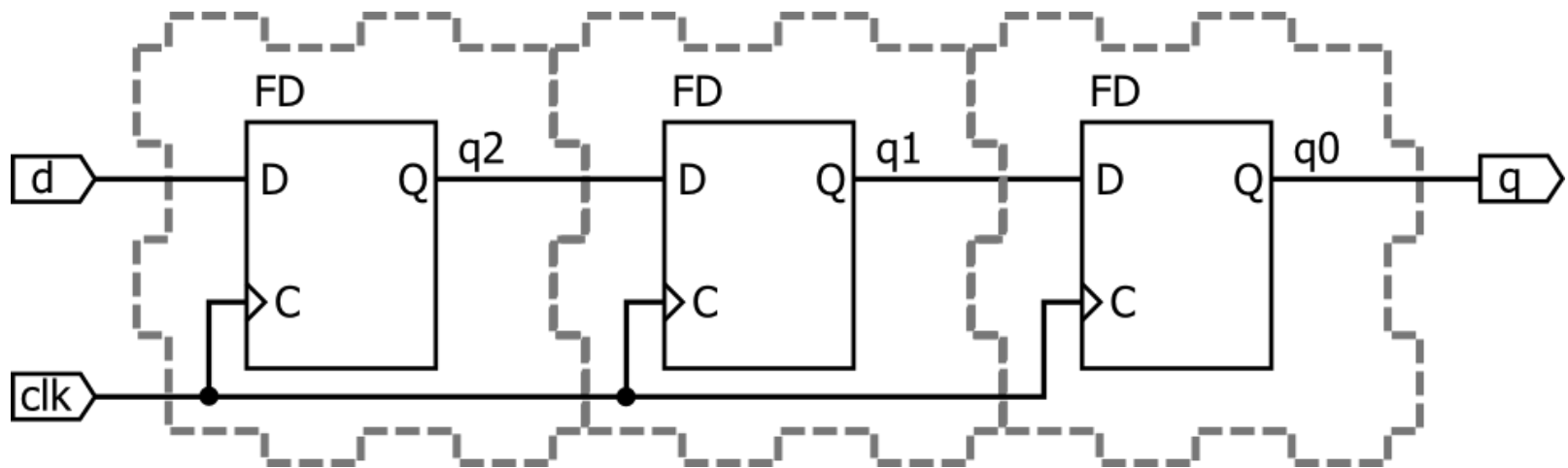
# Prednosti zaporedne vezave

- ▶ nekateri gradniki zasedejo v zaporedni vezavi precej manjšo površino (manj logičnih vrat)
- ▶ npr. dvonivojska izvedba Grayevega dekodirnika
  - ▶ min. vezje: dve 2-vhodni AND, štiri 3-vh AND, osem 4-vh AND...



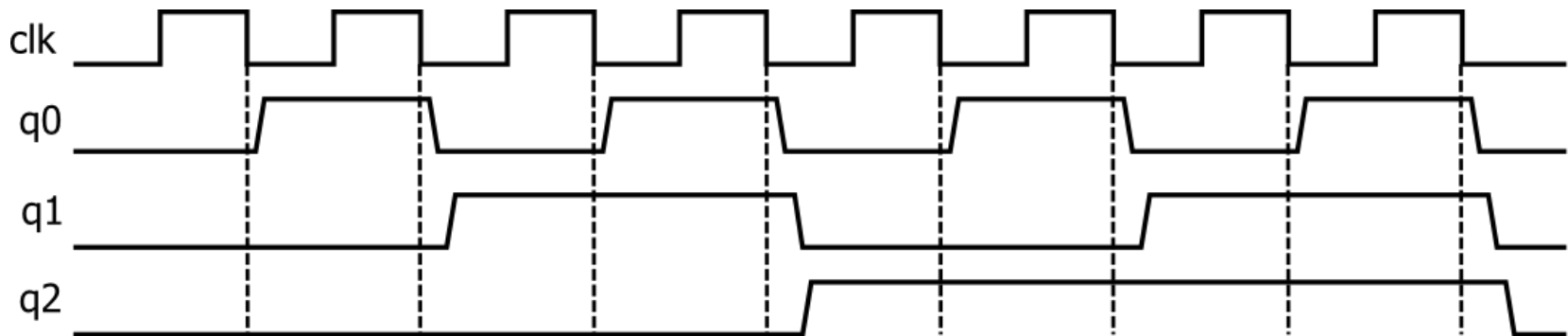
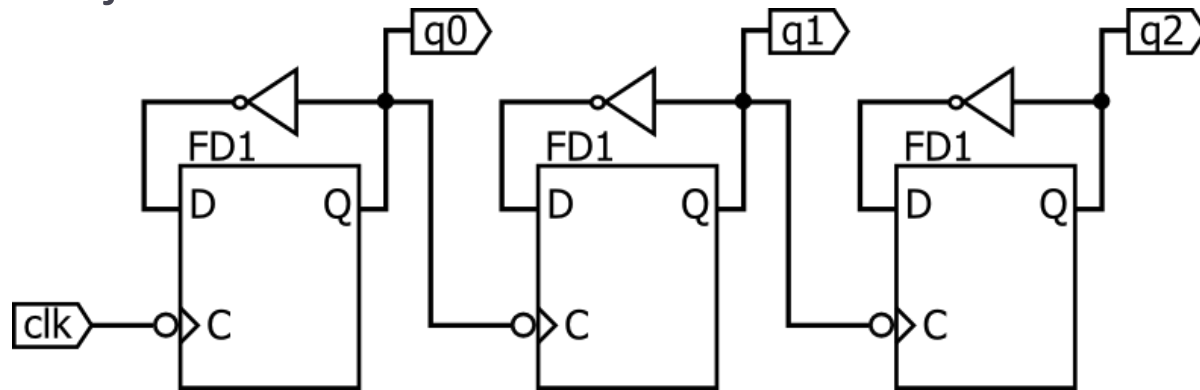
# Zaporedna vezava sekvenčnih gradnikov

- ▶ podatki se pri zaporednem prehodu čez **n** gradnikov zakasniyo za **n** urnih ciklov
  - ▶ krmilni signali (clk) so vezani skupaj
- ▶ npr. pomikalni register iz zaporednih flip-flopov



# Serijski (zaporedni) števec

- ▶ z zaporedno vezavo flip-flopov T naredimo serijski števec
  - ▶  $2^3 = 8$  stanj

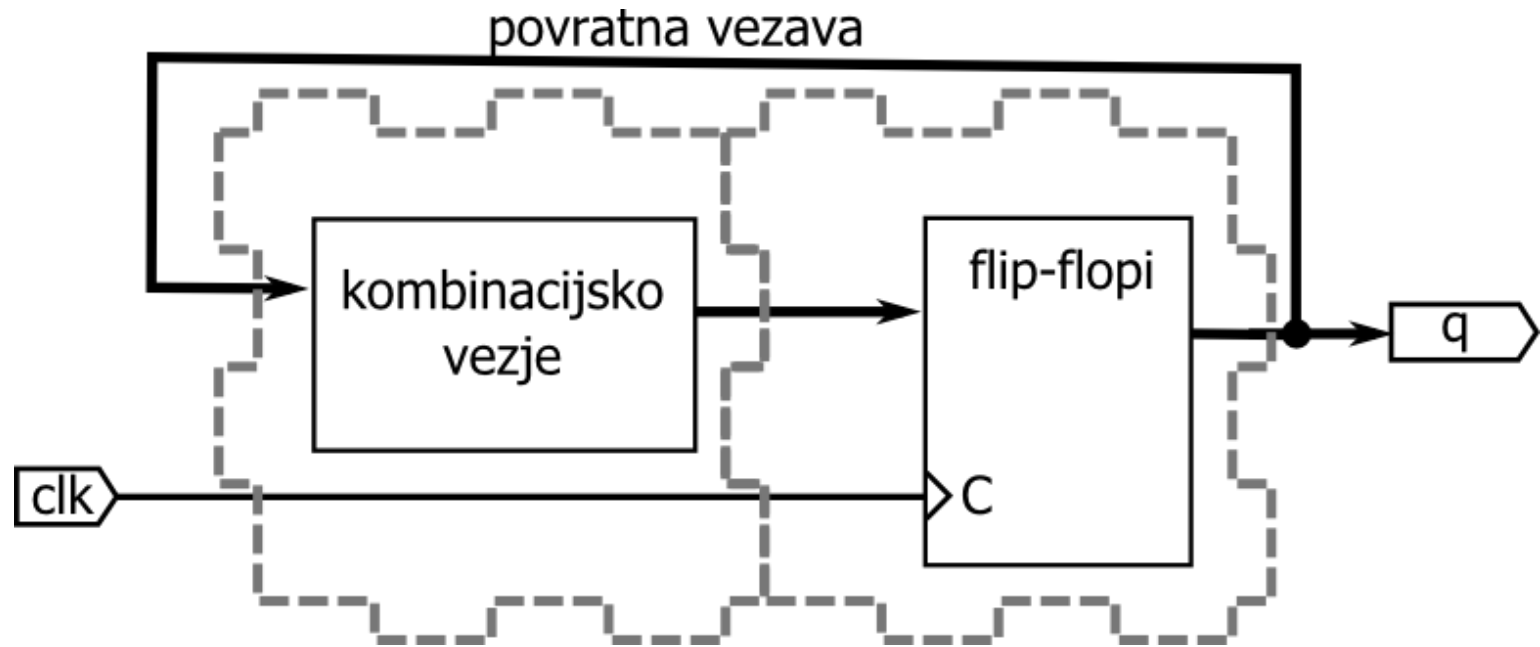


- ▶ izhodni signali niso popolnoma sinhroni z uro
  - ▶ vsak izhodni bit je nekoliko bolj zakasnen !



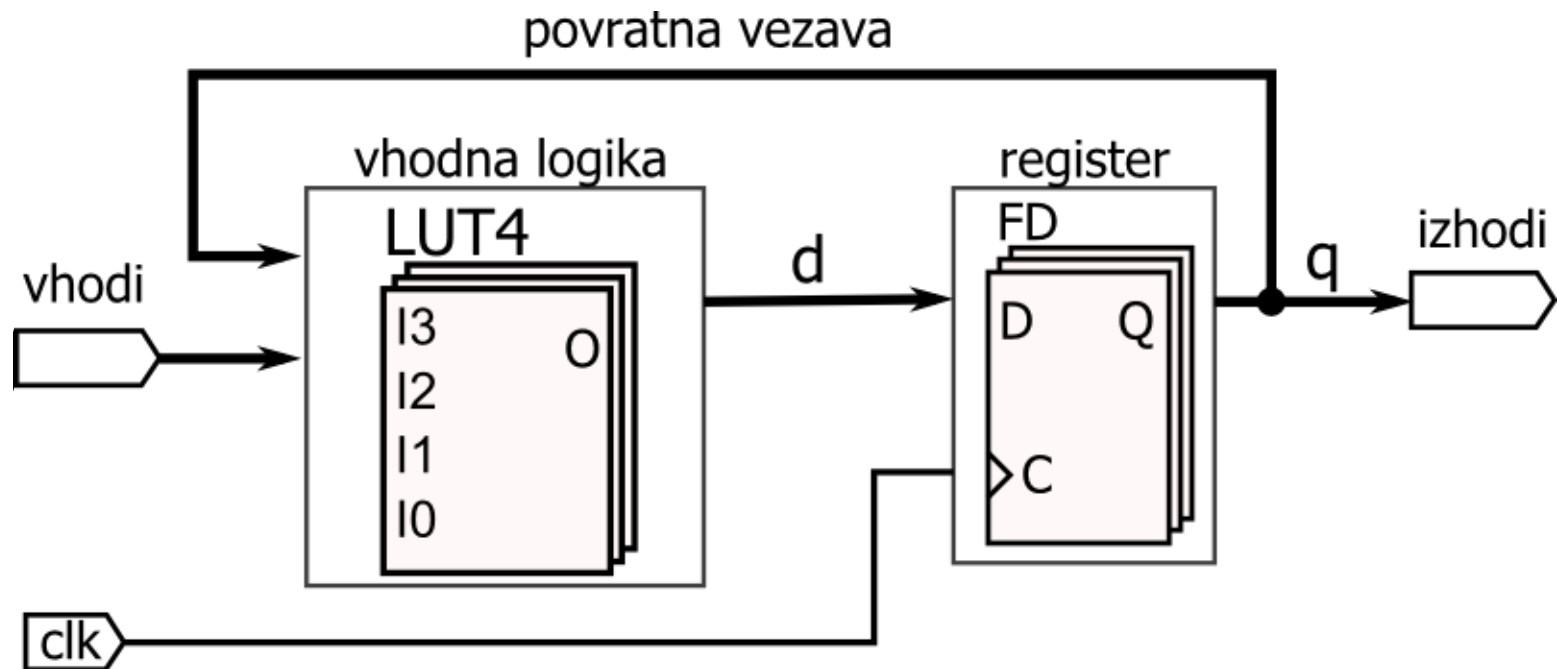
# Povratna vezava

- ▶ podatkovni izhod preko enega ali več gradnikov vezan na vhod istega gradnika
- ▶ **sinhrono sekvečno vezje**: flip-flop (register) v povratni vezavi:



# Izdelava sinhronih vezij

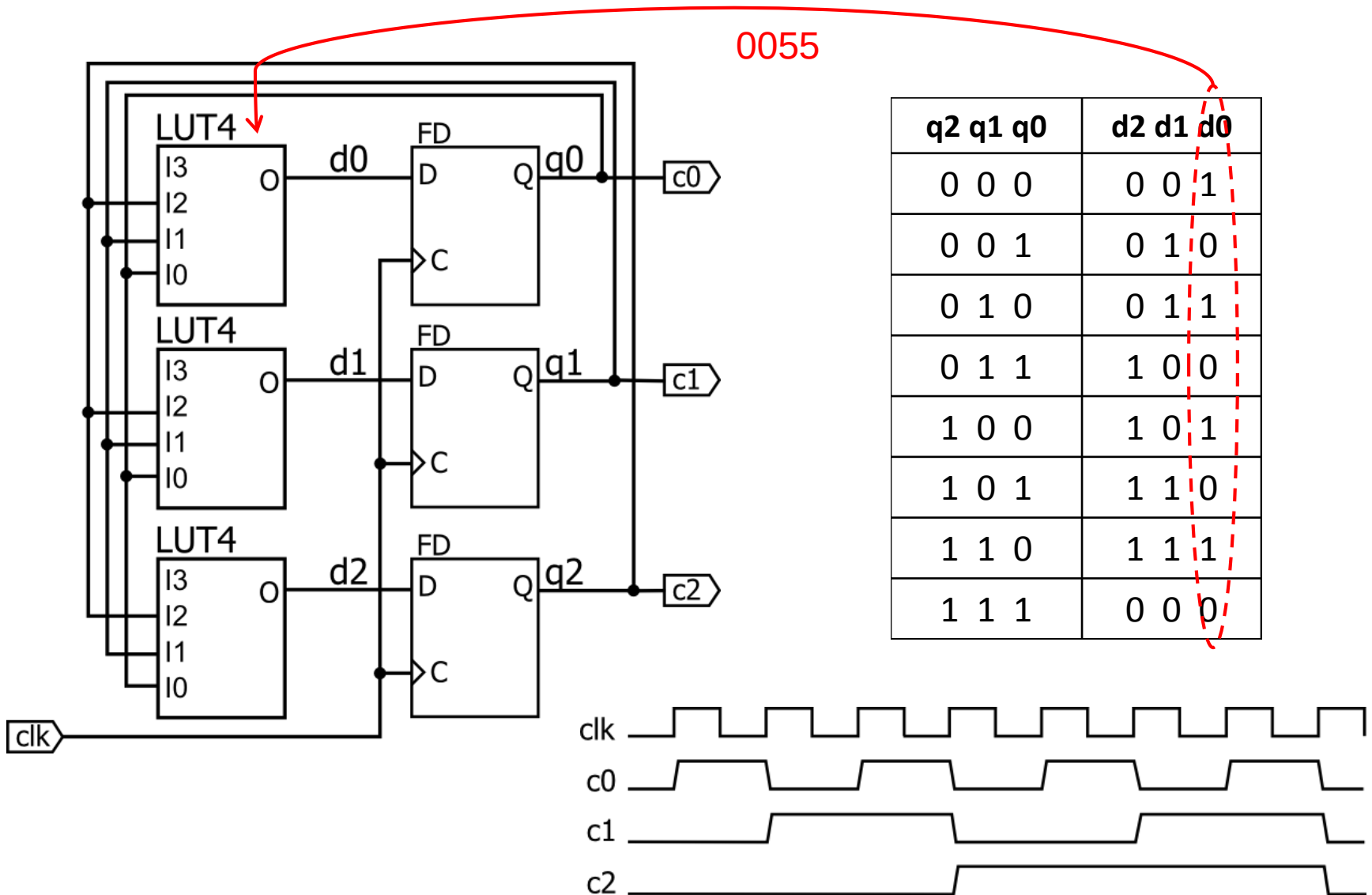
- ▶ sekvenčna vezja s povratno vezavo



- ▶ sinhrona vezja v tehnologiji FPGA
  - ▶ vhodna logika iz LUT
  - ▶ register iz flip-flopov

# Sinhroni števec

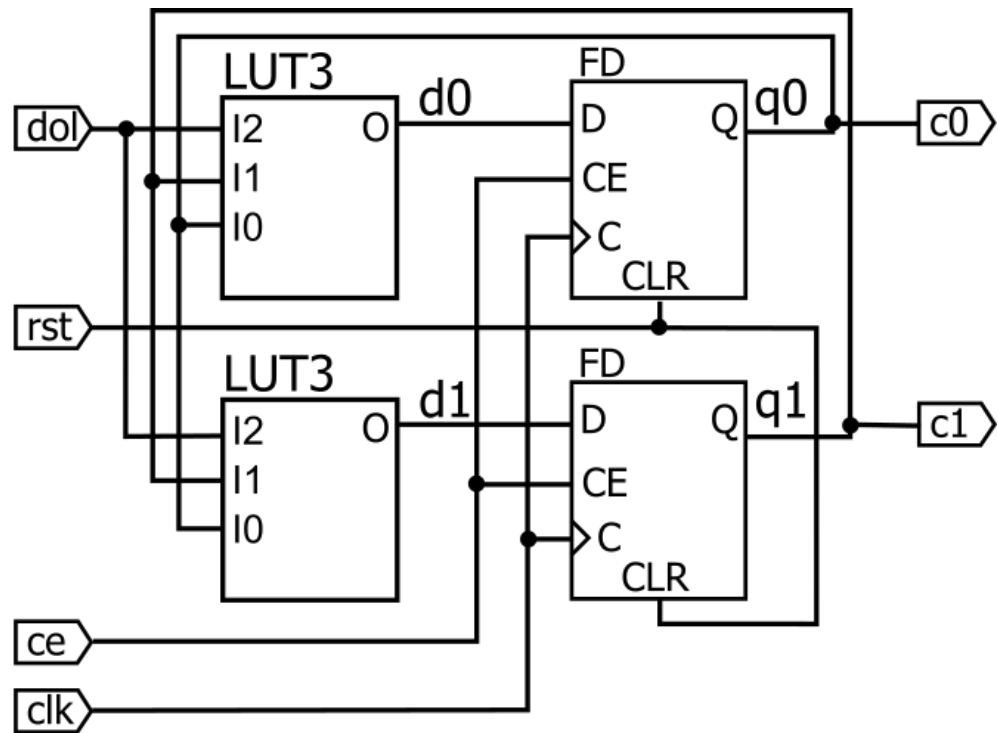
## ► 3-bitni sinhroni števec



# Sinhroni števec gor-dol

- ▶ s krmilnim vhodom določamo smer štetja

| dol | q1 | q0 | d1 | d0 |
|-----|----|----|----|----|
| 0   | 0  | 0  | 0  | 1  |
| 0   | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 0   | 1  | 0  | 1  | 1  |
| 0   | 1  | 1  | 0  | 0  |
| 1   | 0  | 0  | 1  | 1  |
| 1   | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 1   | 1  | 0  | 0  | 1  |
| 1   | 1  | 1  | 1  | 0  |



# Povzetek

---

- ▶ Opiši lastnosti kombinacijskega in sekvenčnega vezja.
  - ▶ Predstavi preprosto sekvečnio vezje (npr. T flip-flop).
- ▶ Opiši lastnosti vzporedne in zaporedne vezave gradnikov.
  - ▶ Predstavi primer.
- ▶ Kako naredimo števec z digitalnim vezjem?
  - ▶ Predstavi serijski in sinhroni števec.