

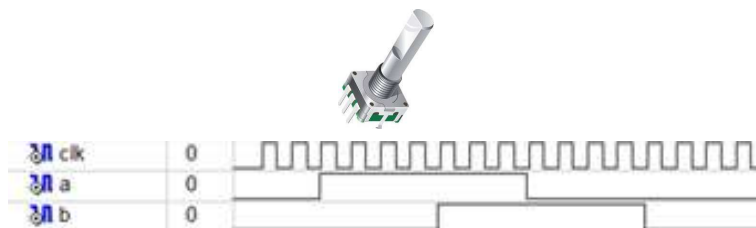
## Vaja 7

# Rotacijski kodirnik

Pri tej vaji bomo načrtovali sekvenčno vezje za štetje korakov rotacijskega inkrementalnega kodirnika. Naredili bomo sekvenčni stroj, ki zazna korake vrtenja kodirnika v desno oz. levo smer in nastavlja digitalni števec.

### 7.1 Rotacijski inkrementalni kodirnik

Rotacijski inkrementalni kodirnik ima dva izhoda, **a** in **b**, na katerih dobimo med seboj zamaknjene impulze ob vrtenju kodirnika, ki naredi 24 korakov na obrat. Slika 7.1 prikazuje časovni potek izhodov pri enem koraku vrtenja v desno, kjer se najprej postavi na 1 izhod **a**, nato pa še **b**. Korak v nasprotni smeri povzroči obratno zaporedje izhodnih signalov.



Slika 7.1: Rotacijski kodirnik in časovni potek izhodov **a** in **b**.

Iz kodirnika želimo pridobiti informacijo, kdaj se je obrnil za en korak v

določeno smer. Vrednosti rotacijskega kodirnika zaznavamo ob fronti ure clk. Na sliki 7.2 je primer vrednosti ob posameznih ciklih ure v primeru vrtenja za en korak v desno (cikli 2 do 9) in nato v levo (12 do 18).

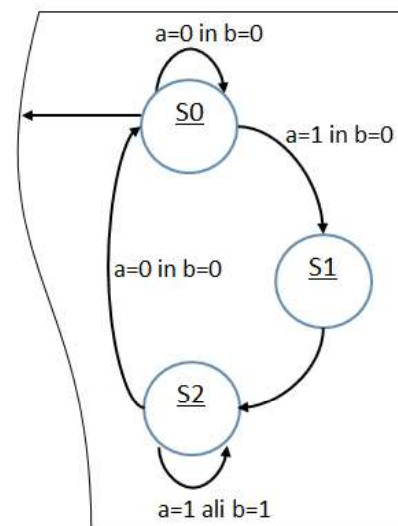
a	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	
b	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	
cikel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

**Slika 7.2:** Časovni potek izhodov pri vrtenju za en korak v desno in v levo

Samo iz vrednosti izhodov, ne moremo določiti smer vrtenja, saj se npr. kombinacija  $\mathbf{a}=1$  in  $\mathbf{b}=0$  pojavlja pri vrtenju v eno in v drugo smer. Zato naredimo sekvečni stroj, ki bo zaznaval zaporedje.

## 7.2 Diagram stanj

Zasnovali bomo sekvenčni stroj za zaznavanje zgoraj podanega zaporedja izhodov  $\mathbf{a}$  in  $\mathbf{b}$ , ki ga dobimo ob vrtenju kodirnika za en korak. Slika 7.3 prikazuje del diagrama stanj za zaznavanje vrtenja v eno smer.



**Slika 7.3:** Delni prikaz diagrama stanj za detekcijo vrtenja rotacijskega kodirnika

Stanje **S0** je mirovno stanje, iz katerega se ob **a=1** in **b=0** premaknemo v **S1**. Ob naslednjem ciklu ure se premaknemo v stanje **S2**, kjer čakamo dokler je katerikoli izmed vhodov na 1, nato pa gremo nazaj v mirovno stanje. Prikazan diagram stanj zazna prehod iz **a=0** in **b=0** v **a=1** in **b=0**, ki je značilen za en korak vrtenja v desno smer. Ob tem prehodu gremo v stanje **S1** za en cikel ure in to stanje lahko izkoristimo za povečevanje števca korakov.

### 7.3 Vezje za štetje korakov v SHDL

Vezje za štetje korakov bomo najprej opisali in simulirali v strojno-opisnem jeziku. Orodje SHDL vključuje simulator razvojne plošče s perifernimi enotami, med katerimi je rotacijski kodirnik (*Setup, Board*). Model vezja povežemo s simulatorjem tako, da deklariramo priključke vezja z vnaprej določenimi imeni: **rot** je 2-bitni signal rotacijskega kodirnika, **bcd** pa izhod za 7-segmentni prikazovalnik. Stanje sekvenčnega stroja bomo deklarirali z naštevnim podatkovnim tipom, kjer zapišemo imena stanj:

```
entity rotac
  rot: in u2;
  bcd: out u4;
  st: (s0 , s1 , s2 , s3 );
```

Deklariramo lahko še dva enobitna notranja signala **a** in **b**, ki ju priredimo posameznemu bitu vektorja **rot**. Prehode diagrama stanj opišemo z zaporedjem pogojnih stavkov, prehod iz **s0** v **s1** opišemo takole:

```
a = rot(0); b = rot(1);
if st=s0 then
  if a=1 and b=0 then st<=s1;
```

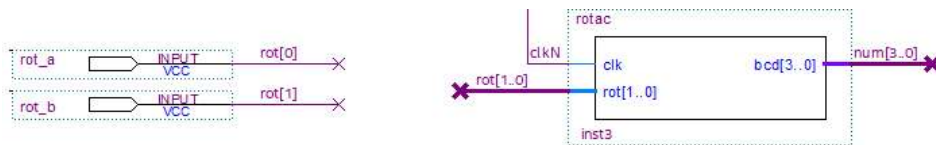
V ustreznem stanju bomo za 1 povečali oz. zmanjšali števec **bcd**. Paziti moramo, da bomo za sekvenčne signale (stanje, števec) uporabljali sekvenčni prireditveni operator **<=** v jeziku SHDL.

## 7.4 Kaj morate narediti vi?

Dopolnite diagram stanj, da bo zaznaval tudi prehod iz  $\mathbf{a}=0$  in  $\mathbf{b}=0$  v  $\mathbf{a}=0$  in  $\mathbf{b}=1$  ob vrtenju kodirnika v levo. Preverite, da bo v vseh stanjih definirano kaj se zgodi ob vseh kombinacijah vhodov. Nekatere kombinacije so lahko nepričakovane, npr. iz  $\mathbf{a}=0$  in  $\mathbf{b}=0$  v  $\mathbf{a}=1$  in  $\mathbf{b}=1$ , vseeno pa je dobro, da jih predvidimo v diagramu (v tem primeru naprimer kar ostanemo v stanju **S0**).

Opišite delovanje vezja za štetje korakov v jeziku SHDL in preverite delovanje s simulacijo razvojne plošče.

V orodju Quartus odprite vzorčni projekt in prenesite v projekt VHDL kodo, ki jo generira orodje SHDL. Naredite nov shematski simbol in ga vključite v glavno shemo. Ura naj bo povezana na signal **clkN** s frekvenco 1 kHz, izhod števeca pa na matrični LED prikazovalnik.



Slika 7.4: Vezava sekvenčnega vezja za štetje korakov na glavni shemi.

### Razmisli

- Koliko flip-flopov potrebujemo za opis sekvenčnega stroja za zaznavanje vrtenja rotacijskega kodirnika?
- Kako bi opisal izhodno logiko, ki bi generirala impulz ob vsakem koraku v eno ali drugo smer?