

Dodatni zadatak

a) Projektovati sinhroni brojač koji broji sekvencu $2 \rightarrow 6 \rightarrow 1 \rightarrow 5 \rightarrow 2 \dots$ koristeći ivične JK flip-flopove sa asinhronim ulazima za SET i RESET aktivnim u logičkoj nuli. Obezbediti da pri aktivnoj vrednosti ulaza RESET brojača (aktivan u logičkoj jedinici) brojač bude u stanju 3, a da po deaktiviranju ovog signala na prvu sledeću uzlaznu ivicu signala takta prelazi u stanje 1. Voditi računa da kombinaciona mreža bude minimalne složenosti.

b) Modifikovati prethodno rešenje ako je potrebno da brojač izlazi iz zabranjenih stanja posle najviše jednog perioda signala takta.

Rešenje:

a) Na osnovu zadate sekvence brojača možemo zaključiti da postoje 4 različita stanja kroz koja brojač prolazi i da nam za njegovu realizaciju trebaju samo 2 flip-flopa. Međutim kako je za vreme trajanja signala RESET brojač u stanju koje se razlikuje od svih stanja u kojima se nalazi kad je u modu brojanja ovaj brojač zapravo prolazi kroz 5 stanja pa su za njegovu realizaciju potrebna 3 flip-flopa. Na osnovu ovoga je određena tabela stanja/prelaza ovog brojača prikazana u Tabeli 2.1.

Q_2	Q_1	Q_0	Q_2^+	Q_1^+	Q_0^+
0	0	0	b	b	b
0	0	1	1	0	1
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1
1	0	0	b	b	b
1	0	1	0	1	0
1	1	0	0	0	1
1	1	1	b	b	b

Tabela 2.1. Tabela stanja/prelaza brojača

Kako je zahtevano da kombinaciona mreža bude u minimalnoj formi to su prelazi iz zabranjenih stanja ostavljeni nedefinisani kako bi se ostavilo više slobode pri minimizaciji funkcija pobude flip-flopa. Po određivanju funkcija pobude flip-flopa potrebno je proveriti ove prelaze kako bi se izbegla situacija u kojoj se brojač vrti između zabranjenih stanja i nikad ne izlazi iz njih.

Dalje je potrebno odrediti tabelu stanja/pobude brojača. Međutim pre ovoga je potrebno odrediti tabelu stanja/pobude JK flip-flopa. Ona se jednostavno određuje na osnovu karakteristične jednačine rada JK flip-flopa $Q^+ = J\bar{Q} + \bar{K}Q$ i prikazana je u Tabeli 2.2.

Q	Q^+	J	K
0	0	0	b
0	1	1	b
1	0	b	1
1	1	b	0

Tabela 2.2. Tabela stanja/pobude JK flip-flopa

Na osnovu Tabele 2.1. i Tabele 2.2., jednostavno se određuje tabela stanja/pobude brojača prikazana u Tabeli 2.3.

Q ₂	Q ₁	Q ₀	Q ₂ ⁺	Q ₁ ⁺	Q ₀ ⁺	J ₂	K ₂	J ₁	K ₁	J ₀	K ₀
0	0	0	b	b	b	b	b	b	b	b	b
0	0	1	1	0	1	1	b	0	b	b	0
0	1	0	1	1	0	1	b	b	0	0	b
0	1	1	0	0	1	0	b	b	1	b	0
1	0	0	b	b	b	b	b	b	b	b	b
1	0	1	0	1	0	b	1	1	b	b	1
1	1	0	0	0	1	b	1	b	1	1	b
1	1	1	b	b	b	b	b	b	b	b	b

Tabela 2.3. Tabela stanja/pobude brojača

		Q ₁ Q ₀						Q ₁ Q ₀					
		J ₂	00	01	11	10			K ₂	00	01	11	10
Q ₂	0	b	1	0	1	b	b	b	b	b	b	b	
	1	b	b	b	b	b	b	1	b	1	b	1	

		Q ₁ Q ₀						Q ₁ Q ₀					
		J ₁	00	01	11	10			K ₁	00	01	11	10
Q ₂	0	b	0	b	b	b	b	b	1	1	0	0	
	1	b	1	b	b	b	b	b	b	b	b	1	

		Q ₁ Q ₀						Q ₁ Q ₀					
		J ₀	00	01	11	10			K ₀	00	01	11	10
Q ₂	0	b	b	b	0	0	b	0	0	0	b	b	
	1	b	b	b	1	1	b	1	b	1	b	b	

Tabela 2.4. Tabele pobude ulaza flip-flopova brojača

Na osnovu Tabele 2.4. dobijaju se pobude ulaza flip-flopova brojača:

$$\begin{aligned}
 J_2 &= \overline{Q_1} + \overline{Q_0} & J_1 &= Q_2 & J_0 &= Q_2 \\
 K_2 &= 1 & K_1 &= Q_2 + Q_0 & K_0 &= Q_2
 \end{aligned}$$

Po završetku određivanja funkcija pobude flip-flopova potrebno je proveriti šta se dešava sa prelazima iz zabranjenih stanja.

Ako se brojač nađe u stanju $Q_2Q_1Q_0 = 000$ zamenom ovih vrednosti promenljivih stanja u jednačine pobude koje smo odredili ranije dobijamo:

$$J_2 = 1, K_2 = 1 \Rightarrow Q_2^+ = \overline{Q_2} = 1$$

$$J_1 = 0, K_1 = 0 \Rightarrow Q_1^+ = Q_1 = 0$$

$$J_0 = 0, K_0 = 0 \Rightarrow Q_0^+ = Q_0 = 0$$

Odavde dobijamo da iz stanja 0 brojač prelazi u stanje 4 koje je takođe zabranjeno stanje! Dalje je potrebno odrediti šta se dešava sa brojačem kada se nađe u stanju 4.

Zamenom vrednosti promenljivih stanja za $Q_2Q_1Q_0 = 100$ u jednačine pobude dobijamo:

$$J_2 = 1, K_2 = 1 \Rightarrow Q_2^+ = \overline{Q_2} = 0$$

$$J_1 = 1, K_1 = 1 \Rightarrow Q_1^+ = \overline{Q_1} = 1$$

$$J_0 = 1, K_0 = 1 \Rightarrow Q_0^+ = \overline{Q_0} = 1$$

Iz gornjih jednačina dobijamo da brojač iz stanja 4 prelazi u stanje 3 koje je regularno resetno stanje iz koga nastavlja regularno brojanje.

Potrebno je još odrediti šta se dešava kad se brojač nađe u stanju 7. Na isti način kao u prethodnim primerima dobijamo:

$$J_2 = 0, K_2 = 1 \Rightarrow Q_2^+ = 0$$

$$J_1 = 1, K_1 = 1 \Rightarrow Q_1^+ = \overline{Q_1} = 0$$

$$J_0 = 1, K_0 = 1 \Rightarrow Q_0^+ = \overline{Q_0} = 0$$

Iz stanja 7 brojač prelazi u stanje 0 koje je zabranjeno stanje. Međutim ako pogledamo gornje prelaze iz svih zabranjenih stanja se izlazi posle dovoljno taktnih intervala. Iz stanja 4 se posle samo jednog taktnog intervala prelazi u regularno stanje 3. Za izlazak iz stanja 0 je potrebno 2 taktna intervala zbog prelaza $0 \rightarrow 4 \rightarrow 3$, dok je za izlazak iz stanja 7 potrebno 3 taktna intervala $7 \rightarrow 0 \rightarrow 4 \rightarrow 3$.

Dakle u kom god stanju da se brojač nađe po uključenju napajanja posle najviše 3 taktna intervala se uspostavlja regularan režim rada.

b) Rešenje iz prethodne tačke obezbeđuje ispravan rad brojača posle najviše 3 taktna intervala od uključenja napajanja. Nekada je međutim potrebno obezbediti što ranije ispravan režim rada. Kako bi se obezbedio izlazak iz zabranjenih stanja posle najviše jednog taktnog intervala potrebno je modifikovati funkcije pobude flip-flopova. One više neće biti minimalne ali će obezbediti najbrži izlazak brojača iz zabranjenih stanja.

Jedno od mogućih rešenja predstavlja modifikovanje pobuda J_0 i K_0 . Pobudu za J_0 je potrebno modifikovati tako da se iz stanja 0 prelazi u regularno stanje 5 umesto u zabranjeno stanje 4. Dok je pobudu za K_0 potrebno modifikovati tako da se iz stanja 7 prelazi u regularno stanje 1 za razliku od zabranjenog stanja 0. Ovim modifikacijama smo se odrekli nekih neodređenih vrednosti (označene su bojom) čime se povećava kompleksnost funkcija pobude. Modifikovane funkcije pobude su prikazane u Tabeli 2.5.

		Q_1Q_0			
		00	01	11	10
Q_2	J_0	00	01	11	10
	0	1	b	b	0
1	b	b	b	1	

		Q_1Q_0			
		00	01	11	10
Q_2	K_0	00	01	11	10
	0	b	0	0	b
1	b	1	0	b	

Tabela 2.5. Modifikovane tabelle pobude ulaza flip-flopova brojača

Na osnovu Tabele 2.5. dobijaju se modifikovane pobude ulaza flip-flopova brojača:

$$J_0 = Q_2 + \overline{Q_1} \qquad K_0 = Q_2 \overline{Q_1}$$