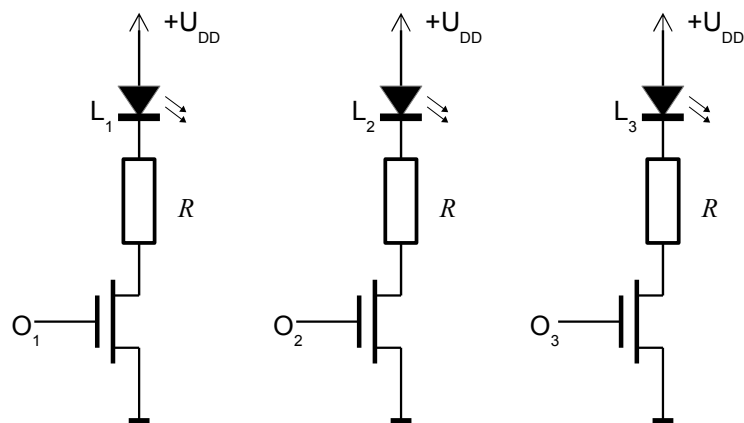


Sekvencijski sklopovi – ilustrativni primjeri i zadatci

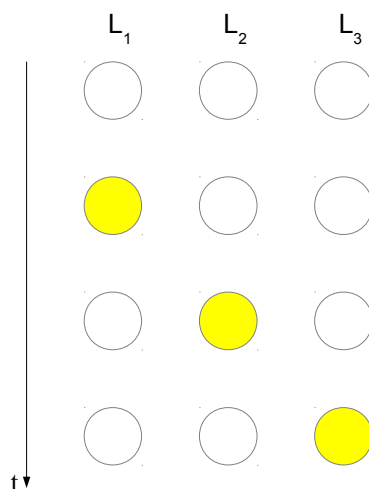
Nastavljajući se na dokument na kojem smo na prethodnom satu napravili uvod u sekvencijske sklopove, u ovom je dokumentu dano još nekoliko primjera koji će Vam pomoći da se bolje upoznate s tematikom. Prije no što se odlučite proći kroz primjere u ovom dokumentu, svakako Vas upućujem da temeljito još jednom pročitate onaj prethodni dokument. Potom pretpostavite da u svim primjerima koji slijede koristimo bistabile koji sinkronu pobudu slušaju na rastući brid signala takta.

Krenimo s jednostavnim primjerom. Umjesto dvije svjetleće diode, sada ćemo raditi s tri diode, kako je prikazano na slici u nastavku.



Zadatak 1.

Vaš prvi zadatak je projektirati digitalni sklop koji se temelji na tri bistabila (B₁, B₂ i B₃), sva tri tipa T, pri čemu je izlaz svakog od bistabila direktno spojen na odgovarajuću upravljačku elektrodu n-kanalnog MOSFET-a, tj. Q₁ je spojen na O₁, Q₂ na O₂ te Q₃ na O₃. Digitalni sklop mora svjetleće diode paliti i gasiti prema redosljedu kako je to prikazano na slici u nastavku (nakon posljednje konfiguracije sve se ponavlja počev od prve; upaljena dioda prikazana je žutom bojom).



Prilikom projektiranja ovog sklopa uočit ćete da ne znate za sva moguća stanja sustava što s njima napraviti – pretpostavite stoga da sljedeće stanje iza svakog takvog stanja mora biti stanje u kojem su sve diode ugašene.

(nacrtajte shemu sklopa koji ste upravo projektirali)

Odredite minimalne algebarske oblike Booleovih funkcija koje je potrebno dovesti na ulaze T triju zadanih bistabila.

$T_1 =$ _____
 $T_2 =$ _____
 $T_3 =$ _____

Zadatak 2.

Projektirajte ponovno sekvencijski sklop koji obavlja istu funkciju kao i sklop iz prethodnog zadatka. Sada međutim problemu pristupite kao da projektirate Mooreov stroj s konačnim brojem stanja: najprije nacrtajte dijagram promjene stanja. Trebat ćete četiri stanja. Nazovite ih S_0 , S_1 , S_2 i S_3 . Neka stanje S_0 predstavlja situaciju u kojoj su sve svjetleće diode ugašene. Obratite pažnju da kod Mooreovog automata u svakom stanju morate navesti što će biti postavljeno na izlaze tog automata. A što će biti izlazi? Automat mora upravljati s tri n-kanalna MOSFET-a koja pale/gase pripadne svjetleće diode – izlazi će stoga biti upravo O_1 , O_2 i O_3 .

(nacrtajte dijagram stanja Mooreovog automata)

Sada temeljem dijagrama prijelaza stanja Mooreovog automata projektirajte stvarni digitalni sklop koji ostvaruje automat zadan Vašim dijagramom i koji pri tome koristi samo dva bistabila (B_1 i B_2), oba tipa T. Koristite tablicu kodiranja stanja navedenu u nastavku.

Stanje	Kôd stanja Q_1Q_2
S_0	0 0
S_1	0 1
S_2	1 1
S_3	1 0

Proces projektiranja svest će se na postupak u kojem za svako moguće stanje digitalnog sustava određujete što mora biti na izlazima automata u tom stanju, koje mora biti sljedeće stanje te što morate dovesti kao pobudu bistabila kako bi sustav iz trenutnog stanja doista i prešao u sljedeće stanje. Rezultat će biti pet Booleovih funkcija – ubacite ih u K-tablicu i minimizirajte. Zapišite dobivene algebarske oblike i nacrtajte shemu tog sklopa.

$T_1 =$ _____
 $T_2 =$ _____
 $O_1 =$ _____
 $O_2 =$ _____
 $O_3 =$ _____

(nacrtajte shemu sklopa koji ostvaruje projektirani Mooreov automat)

Uočite da smo sada digitalni sustav uspjeli riješiti uz manji utrošak bistabila no što je to bio slučaj u prvom zadatku. Ako ste uspješno projektirali ovaj drugi zadatak, razlog za manji utrošak bistabila sada bi trebao biti jasan – *uštedu u bistabilima platili smo uvođenjem dodatnog kombinacijskog sklopovlja koje je sada potrebno kako bi temeljem izlaza bistabila generiralo potrebne izlaze automata!* Naime, sada više nismo bili u mogućnosti direktno izlaze bistabila spojiti na odgovarajuće ulaze tranzistora kojima moramo upravljati.

Zadatak 3.

Vratimo se ponovno na prvi zadatak – ostvarujemo sklop koji upravlja svjetlećim diodama i koji se sastoji od tri bistabila, pri čemu je izlaz svakog bistabila spojen na odgovarajuću upravljačku elektrodu n-kanalnog MOSFET-a. Krenite ponovno u projektiranje tog sklopa, uz jednu razliku: za stanja sklopa koja ne odgovaraju niti jednoj od zadanih konfiguracija svijetljenja dioda pretpostavite da sljedeće stanje sklopa nije bitno (u prvom zadatku tražio sam da za ovakve slučajeve zahtijevate da sljedeće stanje bude ono u kojem su sve svjetleće diode ugašene). To znači da će i zahtijevana pobuda bistabila za te slučajeve biti nebitna (*don't care*). Projektirajte sada zadani sklop i iskoristite *don't care* vrijednosti koje ste upisali kako biste bolje minimizirali sve funkcije. Kako sada glase minimalni algebarski oblici Booleovih funkcija koje dovodite kao pobudu bistabila?

$$T_1 = \underline{\hspace{10cm}}.$$

$$T_2 = \underline{\hspace{10cm}}.$$

$$T_3 = \underline{\hspace{10cm}}.$$

(nacrtajte shemu sklopa koji ste upravo projektirali)

Sada dobro pogledajte sklop koji ste upravo nacrtali. Iako ste prilikom projektiranja sklopa za neka stanja rekli da Vas nije briga koja su sljedeća stanja, ovaj sklop će i za ta stanja nešto dovesti na sinkrone ulaze bistabila i na sljedeći rastući brid ti će bistabili poslušati svoju pobudu i nešto će napraviti, čime će sklop otići u neko konkretno sljedeće stanje. Naime, nakon što ste uveli *don't care*-ove, postupkom minimizacije ipak ste se odlučili za svaki od *don't care*-ova: predstavlja li on vrijednost 1 (ako ste ga zaokružili s nekom jedinicom) ili predstavlja vrijednost 0 (ako ste ga ostavili nezaokruženog). Stoga je Vaš sljedeći zadatak da za svako od 8 mogućih stanja u kojima se sklop koji ste upravo nacrtali može naći utvrdite što će tada biti dovedeno na ulaze T svih triju bistabila, i temeljem toga odredite za svako od tih 8 stanja koje će biti sljedeće stanje.

Nakon što ste to utvrdili, nacrtajte potpun dijagram promjene stanja u kojem se vidi svih 8 stanja. Sada dobro pogledajte taj dijagram: koliko u njemu postoji ciklusa? Ako je odgovor: samo jedan, tada za takav sklop kažemo da on *ima siguran start* – neovisno o tome u kojem se stanju prilikom paljenja zatekne, takav će sklop u konačnom broju koraka ući u taj jedan ciklus i nakon toga će prolaziti isključivo kroz stanja ciklusa sve do prestanka napajanja. Ako je odgovor: postoji više od jednog ciklusa, tada za takav sklop kažemo da *nema siguran start* – naime, nakon paljenja digitalnog sklopa, ovisno o stanju u kojem se sklop zatekne, svoj će rad nastaviti u nekom od ciklusa koji postoje u njegovom dijagramu; ako to nije onaj upravo onaj ciklus u kojem smo željeli da sklop radi, imamo problem!

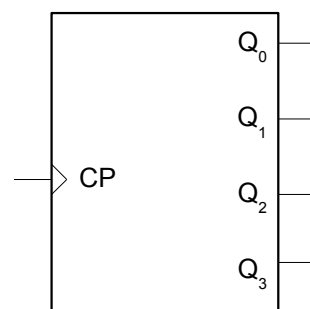
(nacrtajte dijagram promjene stanja za sklop čiju ste shemu prethodno nacrtali)

Utvrdite za sklop koji ste upravo projektirali: ima li on siguran start ili nema?

Zadatak 4.

U laboratorijskoj vježbi s Hammingovim kôdom upoznali smo se s pojmom jednojedinичnog koda. Pretpostavite sada da na raspolaganju imate sekvencijski sklop koji ima četiri izlaza i na njima ciklički generira riječi jednojedinичnog koda; ako izlaze označimo Q_0 , Q_1 , Q_2 i Q_3 , sklop ciklički generira riječi 1000 pa 0100 pa 0010 pa 0001 i potom sve ispočetka. Simbol ovakvog sklopa prikazan je s desne strane.

Koristeći ovaj sklop kao gotovu komponentu projektirajte sklop koji će upravljati svjetlećim diodama na način kako je to zadano slikom u prvom zadatku.



$O_1 =$ _____
 $O_2 =$ _____
 $O_3 =$ _____

(nacrtajte shemu sklopa koji ste projektirali)

Pretpostavite sada da na temelju izlaza zadanog sklopa koji generira jednojedinčni kôd želite upravljati svijetljenjem dioda na način da potrebne upravljačke signale generirate isključivo ispisnom memorijom. Kakva Vam memorija treba i koji treba biti njezin sadržaj? Skicirajte taj kompletan sklop i navedite sadržaj memorije po lokacijama.

(nacrtajte shemu sklopa koji koristi memoriju za generiranje upravljačkih signala)

Zadatak 5.

Ponovno želimo projektirati sekvencijski sklop koji će upravljati svjetlećim diodama, ali ovaj puta želimo korisniku dati mogućnost kontrole nad radom sklopa. U tu svrhu uvest ćemo novi signal X. Ako je $X=0$, konfiguracije svjetljenja dioda trebaju se izmjenjivati kako je to zadano originalnom slikom u zadatku 1. Ako je $X=1$, konfiguracije svjetljenja dioda trebaju se izmjenjivati u suprotnom smjeru (tj. unatrag). Sklop projektirajte kao Mooreov automat. I dalje će Vam trebati smo četiri stanja, baš kao i u zadatku 2. Nacrtajte dijagram promjene stanja ovakvog automata.

(nacrtajte dijagram stanja Mooreovog automata)

Potom projektirajte automat koji ste upravo nacrtali koristeći samo dva bistabila i kôd koji je zadan u zadatku 2.

Rezultat će biti pet Booleovih funkcija – ubacite ih u K-tablicu i minimizirajte. Zapišite dobivene algebarske oblike i nacrtajte shemu tog sklopa.

$T_1 =$ _____
 $T_2 =$ _____
 $O_1 =$ _____
 $O_2 =$ _____
 $O_3 =$ _____

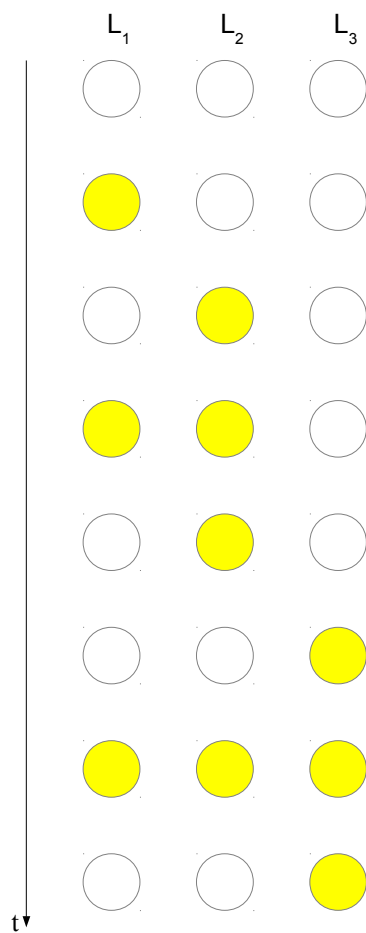
(nacrtajte shemu sklopa koji ostvaruje projektirani Mooreov automat)

Zadatak 6.

Idemo sada promijeniti način kako će svjetleće diode svijetliti. Novo željeno ponašanje zadano je slikom na vrhu sljedeće stranice.

Projektirajte digitalni sklop koji se temelji na tri bistabila (B_1 , B_2 i B_3), sva tri tipa T, pri čemu je izlaz svakog od bistabila direktno spojen na odgovarajuću upravljačku elektrodu n-kanalnog MOSFET-a, tj. Q_1 je spojen na O_1 , Q_2 na O_2 te Q_3 na O_3 , a koji će generirati ovakav redoslijed paljenja i gašenja svjetlećih dioda.

Prilikom rješavanja ovog zadatka susrest ćete se s jednim problemom; opišite taj problem i objasnite koje su njegove posljedice na način rješavanja ovog zadatka? *(Ovo pitanje je ovako malo "maglovito" ali kad krenete rješavati zadatak, shvatit ćete na što ciljам.)*



Zadatak 7.

Riješite problem upravljanja svjetlećim diodama uz redoslijed koji je zadan u prethodnom zadatku ali tako da sada konstruirate Mooreov automat koji će generirati potrebne upravljačke signale sva tri tranzistora. Koristite što je moguće manje stanja (naravno, nije potrebno raditi minimizaciju broja stanja – to još nismo učili), te i -to stanje S_i kodirajte s binarnom vrijednošću od i pri čemu se očekuje da ste koristili minimalno potreban broj bistabila. Primjerice, ako zadatak možete riješiti s 13 stanja, tada se očekuje da ćete koristiti 4 bistabila (jer je to minimalan broj bistabila potreban za ostvarivanje 13 različitih stanja) i tada bi primjerice stanje S_5 imalo pridružen kôd 0101. Naravno, ovo je dano samo kao primjer – Vi ćete ovisno o broju stanja utvrditi koliko Vam bistabila treba i potom definirati potreban kôd.

(nacrtajte dijagram stanja Mooreovog automata)

Projektirajte sklop koji ostvaruje automat koji ste upravo nacrtali. Utvrdite minimalne oblike potrebne pobude bistabila te izlaza automata.

T_1 = _____.
 ...
 T_{n-1} = _____.
 O_1 = _____.
 O_2 = _____.
 O_3 = _____.

(nacrtajte shemu sklopa koji ostvaruje projektirani Mooreov automat)

Objasnite kako je ovaj pristup riješio problem koji ste uočili u prethodnom zadatku.

Zadatak 8.

Vratite se sada na PDF dokument sa zabilješkama prema kojima smo na prethodnom satu prošli kroz uvod u sekvencijske sklopove; konkretno, na treću stranicu gdje je prikazan sklop koji upravlja s dvije svjetleće diode u ovisnosti o dodatnom signalu S.

Ostvarite taj isti sklop koristeći JK bistabile umjesto bistabila T – zahvaljujući tome što JK bistabil ima po dva ulaza, funkcije će se dati lijepo minimizirati. Utvrdite minimalni oblik funkcija za ulaze J i K svakog od bistabila. U kakvom su odnosu funkcije koje opisuju ulaze J i K istog bistabila?

Proučite sada dokumente koji opisuju stvarnu izvedbu bistabila JK (prvi link) te sklopova NI (drugi link) uporabom tehnologije TTL. U oba slučaja dovoljno je proučiti samo prvu stranicu dokumenta da biste shvatili o čemu se radi.

<http://www.futurlec.com/Datasheet/74ls/74LS73.pdf>

<http://www.futurlec.com/Datasheet/74ls/74LS00.pdf>

Koristeći samo ove navedene čipove ostvarite automat koji ste upravo projektirali. Prvi korak će biti da sve funkcije koje određuju ulaze J i K ostvarite samo sklopovima NI. Razmislite koliko Vam minimalno treba sklopova NI? Potom utvrdite koliko Vam minimalno treba čipova 74LS73 a koliko čipova 74LS00? Potom nacrtajte kako treba pospajati te čipove da biste ostvarili zadani automat. Nemojte zaboraviti da svaki čip mora imati spojeno i napajanje (oznaka Vcc) te masu (oznaka GND).