

4. Zirkuitu sekuentzial sinkrono baten sintesia

Sistema sekuentzial sinkronoen diseinuaren prozedura azalduko da adibide bat garatuz.

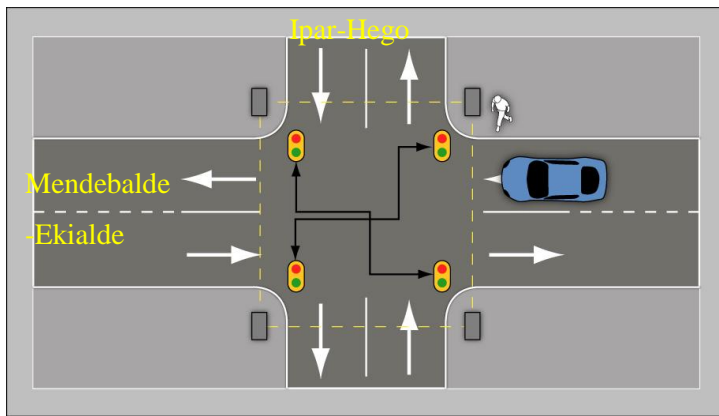
Prozedura horretan atal hauek aztertu behar dira:

- Zirkuituaren portaera zehatz-mehatz deskribatu eta aldagaiak definitu.
- Egoera-diagrama eta egoera-taula osatu.
- Egoeren murriztapena egin egoera-kopuru minimoa duen taula baliokidea lortzeko.
- Beharrezkoa den *FF*-kopurua zehaztu eta aukeratutako *FF* motaren kitzikapen mapak osatu.
- Egoeren esleipena egin ondoren, sistemaren egoera-taula osatu.
- Zirkuitu konbinazionalari dagozkion funtzio konbinazionalak zehaztu.
- Zirkuituaren diseinua garatu.

Bigarren atala izan ezik, gainerako guztiak erabat mekanikoak dira, hots, algoritmo zehatzak erabiliz gara daitezke. Alabaina, bigarren atal hori egiteko nolabaiteko intuizioa izan behar du diseinugileak, eta, horretarako, ezinbestekoa izango zaio sistemaren deskripzioa sakonki ulertzea.

Zirkuituaren deskribapena eta aldagaiak

Auto-bidegurutzea kontrolatzen duten semaforoentzako kontrol-unitatea diseinatu behar da oinezkoak eta autoak kontuan izanda (200. Irudia). Izan ere, igarotzeko baimena eskatzen duen oinezkorik ez badago, minuturo zirkulatuko dute autoek norabide bakoitzean, hau da, Ipar-Hego norabidean dauden autoek semaforoa berde izango dute minutu batez, eta, minutua igaro ostean, semaforo hori gorri jarriko da Mendebalde-Ekialde norabidean dauden autoei ibiltzeko baimena emateko minutu batez. Txandatxe-egoera hori mantenduko da oinezkoren batek igarotzeko baimena eskatu arte. Orduan, zirkulatzen ari diren autoei dagokien minutua bukatu ondoren, semaforo guztiak gorri jarriko dira minutu batez.



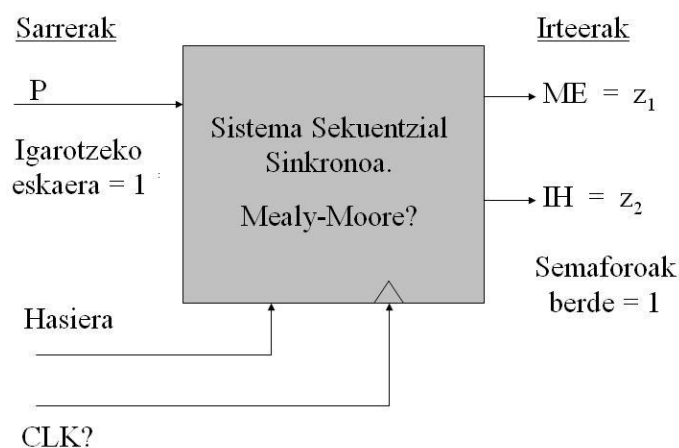
Oinezkorik ez dago
 1 min IH
 1 min. ME
 Oinezkoak daude \Leftrightarrow 1 min.
 IH gorri
 ME gorri

200. Irudia

Behin funtzionamendua ulertuta, sistemaren sarrerak eta irteerak definitu behar dira. Oinezkoak igarotzeko baimena eskatu duela adierazten duen sarrera nahitaezkoa da. *P* letraz identifikatuko da, eta 1 balioa hartuko du eskaera dagoenean. Halaber, sistema sekuentzial sinkronoen berezko sarrerak ezin dira ahaztu, hots, *Erloju* eta *Hasiera* sarrerak. Erloju sarreraren maiztasuna minutua izango da, minuturo egoera aldatzeko beharra baitago.

Semaforoaren egoera (gorri edo berde) mugatzeko, bi irteera ezinbestekoak dira, bata ME norabidean dagoen semaforoarentzat (z_1), eta bestea, IH norabidean dagoenarentzat (z_2). Aldagai horien 1 balioa berde egoerari dagokio.

Sarrera eta irteerak 201. Irudian laburbildu dira, baita Mealy edo Moore eredua erabiliko den galderaren planteamendua ere. Hori da, hain zuzen ere, atal honetan erabaki behar den gakoa.

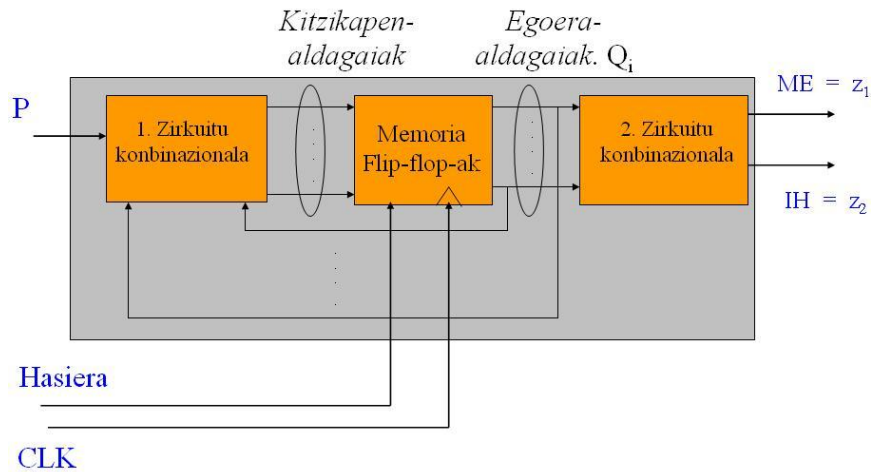


201. Irudia

Sistemaren deskripzioa kontuan izanda, nabaria da Moore eredua erabili behar dela oinezkoren batek igarotzeko eskakizuna egiten duenean, semaforoaren aldaketa ez baita bat-batekoa, minutua igaro arte itxaron behar baita.

Laburbilduz, sistemak izango dituen ezaugarriak dira: oinezkoen eskaera adierazten duen P sarrerara, minutu bateko periodoa duen CLK erlojua, egoera lehenetsira sistema bidaltzen duen Hasiera sarrerarak, mendebalde-ekialde (ME) trafikoa kudeatzen duen semaforoa kontrolatzeko z_1 irteera eta ipar-hegoalde (IH) trafikoa kudeatzen duen semaforoa kontrolatzeko z_2 irteera.

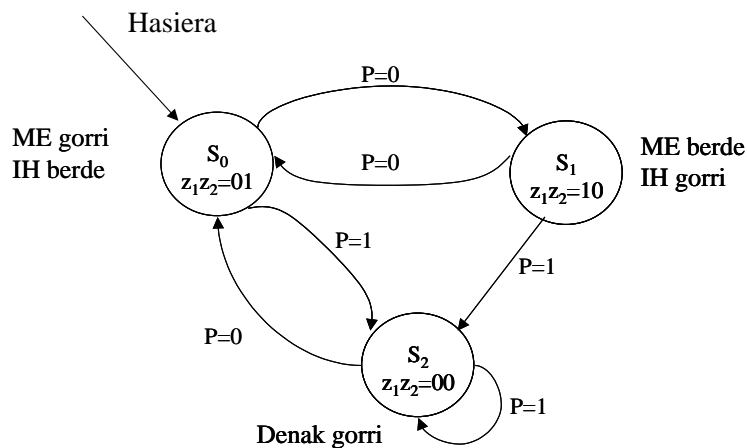
Aldagai horiek guztiak Moore ereduari dagokion diagrama orokorrean aplikatzen badira, 202. Irudiaren eskeman agertzen diren blokeak garatu beharko dira.



202. Irudia

Egoera-diagrama eta egoera- taula

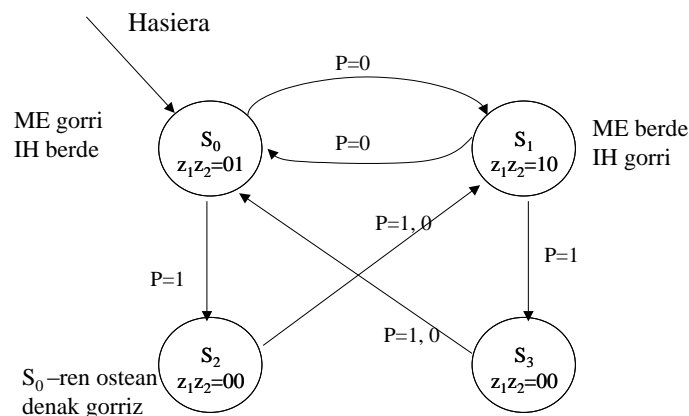
Sisteman gerta daitezkeen egoerak hiru dira: IH zirkulazioa kontrolatzen duen semaforoa berde egotea, EM zirkulazioa kontrolatzen duen semaforoa berde egotea eta semaforo biak gorri egotea. Egoera horiek S_0 , S_1 eta S_2 izendatzen badira hurrenez hurren, haien arteko trantsizioak ondoriozta daitezke 203. Irudian egin den moduan.



203. Irudia

Hala ere, ikusten da aurkeztutako diseinuan bi akats daudela. Lehen, S_2 egoeran baldin badago sistema, eta oinezkoek etengabe igarotzea eskatzen badute, trafikoa mugagabe blokeatuko litzateke. Bigarrena, sistema S_0 eta S_2 egoeren artean txandakatzen gera liteke EM norabideko trafikoa blokeatuz.

Azkena berdea egon zen semaforoa zein zen gogoratzen duen egoera diagraman sartuta konpontzen da aipatutako azken akatsa. Lehen akatsaren irtenbidea egoeren arteko trantsizioen esleipen egokia egitea da. Horiek horrela, egoera-diagrama 204. Irudian marraztu dena izango litzateke.



204. Irudia

Egoera-diagrama abiapuntutzat hartuta, egoera-taula osa daiteke (42. Taula).

	P Sarrera		Irteerak	
	0	1	Z_1	Z_2
S_0	S_1	S_2	0	1
S_1	S_0	S_3	1	0
S_2	S_1	S_1	0	0
S_3	S_0	S_0	0	0

Oraingo Egoera

Hurrengo Egoera

42. Taula

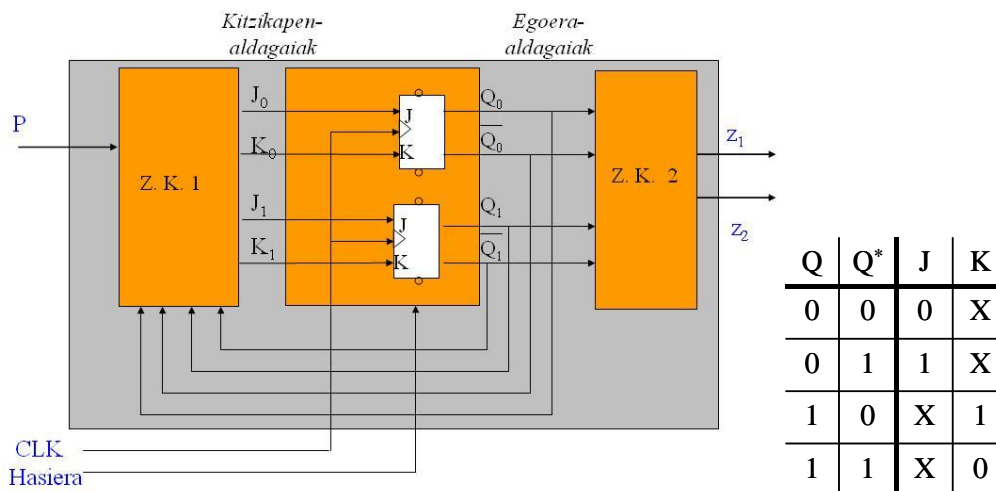
Egoeren murriztapena.

Egoera murrizgarriak dira egoera-taulan funtzio berdina garatzen duten egoera ezberdinak. Hortaz, egoera bereiztezinak irteeraren neurri eginez gero murrizgarriak izango dira, eta egoera bakar batekin adierazi beharko dira guztiak.

Aztertzen ari garen kasuan, S_2 eta S_3 egoeren irteerak aztertuz, sinplifikagarriak izan litezke: alabaina, ezinezkoa litzateke egoera horiek sinplifikagarriak izatea S_1 eta S_2 egoerekin, irteera-balio ezberdinak dituztelako. Hala ere, S_2 eta S_3 egoeren azterketa eginda, nabaria da erabat ezberdinak direla; izan ere, P sarreraren edozein baliorekin sorrarazten den bilakaera ezberdina da, kasu bietan irteera ezberdinak sortzen baitira. Hortaz, egoera-etaulak ez du egoera sinplifikagarriarik.

Behar den FF-kopurua. FF motaren kitzikapen-mapak

Sistemaren egoera bakoitzari egoera-aldagaien konbinazio bat esleitu behar zaio. Beraz, aztergai dugun sistemak lau egoera dituenez (S_0, S_1, S_2, S_3), bi egoera-aldagai (Q_1, Q_0) behar dira, eta, ondorioz bi flip-flop (FF_1, FF_0). Izan ere, flip-flop bakoitzaren irteera egoera-aldagai bakoitzari dagokio. Diseinua garatzeko aukeratu den flip-flop-a JK izan da, eta SSSen diagrama orokorrean gehitu dira 205. Irudian ikus daitekeen moduan. Han adierazi da, halaber, JK flip-flop-ari dagokion kitzikapen-etaula.



205. Irudia

Egoeren esleipena. Egoeren trantsizio-etaula eta irteeren taulak

Sistemaren egoera bakoitzari (S_0, S_1, S_2, S_3) egoera-aldagaien (Q_1, Q_0) konbinazio zehatza esleitu behar zaio. Aukera bat 43. Taulan adierazi dena izan liteke.

Q_1Q_0		P Sarrera		Irteerak	
		0	1	Z_1	Z_2
00	S_0	S_1	S_2	0	1
01	S_1	S_0	S_3	1	0
10	S_2	S_1	S_1	0	0
11	S_3	S_0	S_0	0	0

43. Taula

Egoera-aldagaien balioak taulan ordezkatur, 44. Taula lortzen da.

Q_1Q_0		P Sarrera		Irteerak	
		0	1	Z_1	Z_2
00	S_0	01	10	0	1
01	S_1	00	11	1	0
10	S_2	01	01	0	0
11	S_3	00	00	0	0

44. Taula

44. Taula aintzat hartuta, egoeren trantsizio-taulak osatzea da hurrengo pausua, hau da, erabaki diren trantsizioak gerta daitezen, flip-flop-en kitzikapen-aldagaiak hartu behar dituzten balioak egoeren trantsizio-tauletan adierazi behar dira. Hori egiteko prozedura hau izango da: demagun sistema S_0 egoeran dagoela; hortaz, egoera-aldagaien balioa $Q_1Q_0 = 00$ izango da. $P = 1$ balioa sarreran jarritz gero, sistema S_2 egoerara aldatuko da, hots, $Q_1Q_0 = 10$. Egoera-aldagai bakoitzaren bilakaera aztertzen bada, ikusten da Q_1 aldagaiak 0tik 1erako trantsizioa garatzen duela eta Q_0 aldagaiak, berriz, ez duela aldaketarik jasaten; izan ere, 0 balioarekin mantentzen da. Horiek horrela, baldintza horiek gerta daitezen kitzikapen-aldagaiak eduki behar dituzten balioak erabaki behar dira 45. Taula kontuan izanda. $J_1K_1 = 1X$ eta $J_0K_0 = 0X$ dira kasu horiei dagozkien balioak eta egoeren trantsizio-taulan idatzi beharrekoak.

Q	Q^*	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

45. Taula

Trantsizio guztiekin azterketa berdina egiten bada, 46. Taulan agertzen den egoeren trantsizio-taula lortuko da. Han ere egoera bakoitzeko irteeren balioak adierazi dira.

	Q_1Q_0	P=0		P=1		Z_1	Z_2
		J_1K_1	J_0K_0	J_1K_1	J_0K_0		
S_0	00	0X	1X	1X	0X	0	1
S_1	01	0X	X1	1X	X0	1	0
S_2	10	X1	1X	X1	1X	0	0
S_3	11	X1	X1	X1	X1	0	0

46. Taula

204. Irudiaren diagraman Hasiera aldagaiari S_0 egoera esleitu zaio; hortaz, 46. Taularen arabera, egoera horri $Q_1 Q_0 = 00$ dagokio.

Funtzio konbinazionalen zehazpena

Sistemaren diagrama orokorrean adierazi diren zirkuitu konbinazionalak (205. Irudian Z.K.1 eta Z.K2) garatu behar dira atal honetan. Horretarako, ezinbestekoa da zirkuituen egia-etaulak definitzea, hots, sarrerak, irteerak eta haien balioak. Hortaz, Z.K1-en sarrerak Q_1Q_0P dira, eta irteerak $J_1K_1J_0K_0$; eta Z.K2-renak Q_1Q_0 eta Z_1Z_2 hurrenez hurren. Egia-etaula osatzeko, beharrezkoa da sarrera-irteera aldagaien arteko harremanak ezagutzea, eta hori 46. Taula aztertuz lortzen da. Hala, 47. Taulak eta 48. Taulak Z.K.1-en eta Z.K.2-ren egia-etaula adierazten dute hurrenez hurren.

	P Q_1Q_0	J_1K_1	J_0K_0
S_0	000	0X	1X
S_1	001	0X	X1
S_2	010	X1	1X
S_3	011	X1	X1
S_0	100	1X	0X
S_1	101	1X	X0
S_2	110	X1	1X
S_3	111	X1	X1

47. Taula

	Q_1Q_0	Z_1	Z_2
S_0	00	0	1
S_1	01	1	0
S_2	10	0	0
S_3	11	0	0

48. Taula

Irteeren sinplifikazio logikoa egin ondoren (adibidez, Karnaugh mapak erabiliz), funtzio logiko hauek lortzen dira.

$$Z_2 = \bar{Q}_1 + \bar{Q}_0$$

$$Z_1 = \bar{Q}_1 + Q_0$$

$$J_1 = P$$

$$K_1 = 1$$

$$J_0 = K_0 = \bar{P} + Q_1$$

Azpimarratu behar da lortutako funtzio logikoak egindako egoeren esleipenaren menpe daudela; izan ere, esleipen horren arabera, trantsizio-taula konkretua lortuko da (esleipen ezberdin bakoitzeko taula ezberdin bat). Hortik abiatuz, zirkuitu digitalen egia-taulak osatu behar direnez, horiek ere ezberdinak izango dira, eta ondorioz, baita funtzio logikoak ere. Demagun 49. Taulan agertzen den esleipenarekin garatu nahi dela sistema.

Q ₁ Q ₀		P Sarrera		Irteerak	
		0	1	Z ₁	Z ₂
00	S ₀	S ₁	S ₂	0	1
10	S ₁	S ₀	S ₃	1	0
11	S ₂	S ₁	S ₁	0	0
01	S ₃	S ₀	S ₀	0	0

49. Taula

Orduan, ekuazio logiko hauek lortuko lirateke:

$$Z_2 = Q_1 + \bar{Q}_0$$

$$Z_1 = \bar{Q}_1 + \bar{Q}_0$$

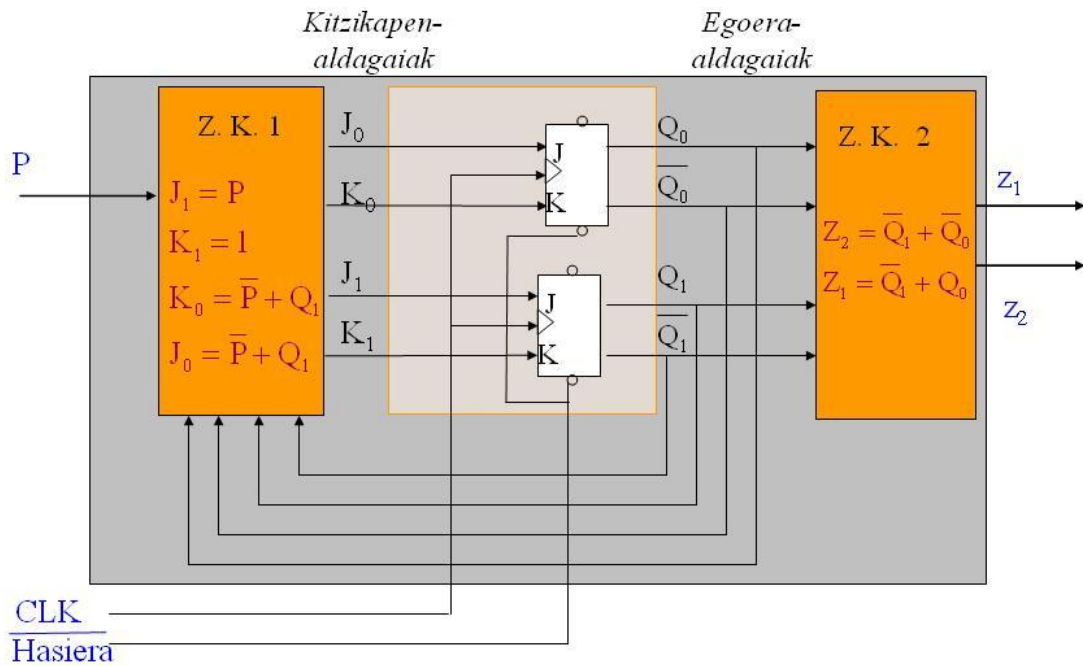
$$J_1 = K_1 = \bar{Q}_0$$

$$J_0 = P$$

$$K_0 = 1$$

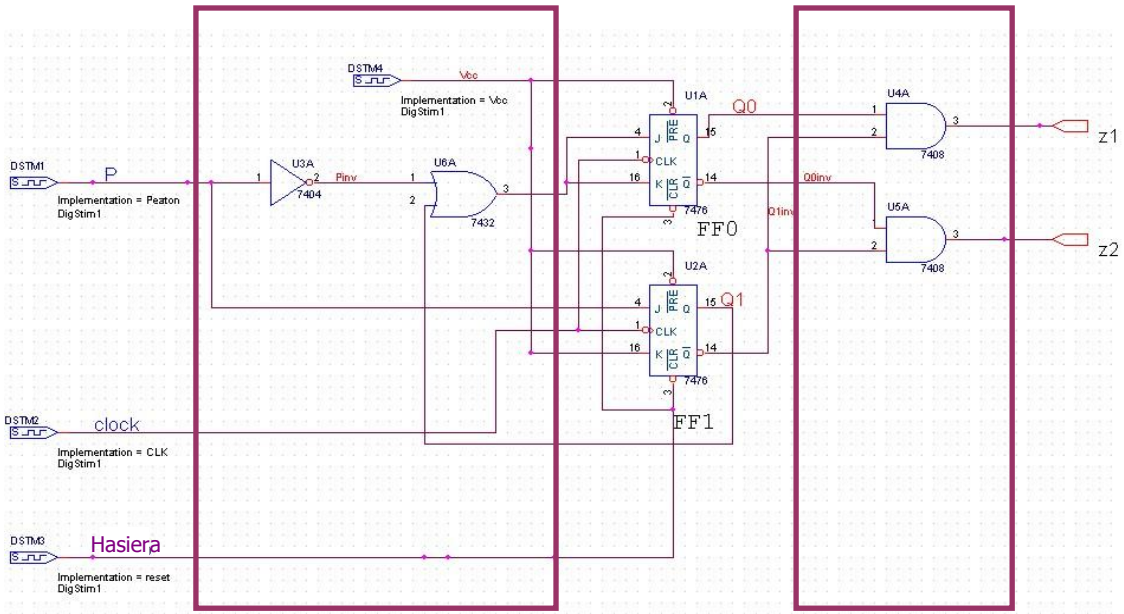
Zirkuituaren diseinua

Sistemaren diagrama orokorra aurreko atalean lortutako funtzio logikoekin egin daiteke, 206. Irudian adierazten den moduan.

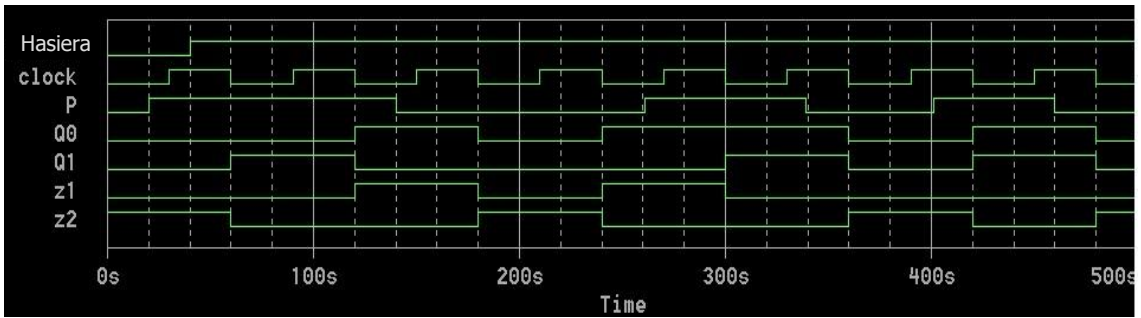


206. Irudia

Sintesiarekin bukatzeko, frogatu behar da zirkuituaren funtzionamendua zuzena dela zirkuitu logikoak diseinatzeko CAD programaren batean (OrCAD Capture X.X, adibidez) simulazioa garatuz. Hantxe (207. Irudia), gailuak zehaztu behar izan dira. Besteak beste, JK 7476 flip-flop-a erabili da, zeinek karga-sarrera eta reset-sarrera asinkronoak dituen eta erlojuaren beheranzko ertzarekin gaitzen den. Simulazioaren emaitza 208. Irudian azter daiteke.

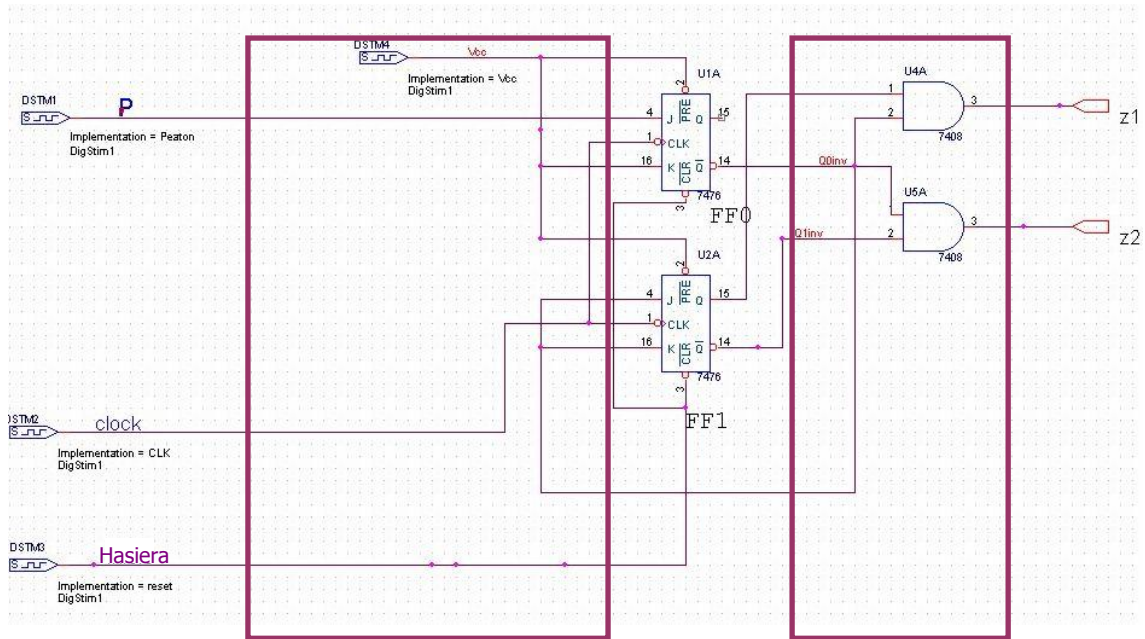


207. Irudia

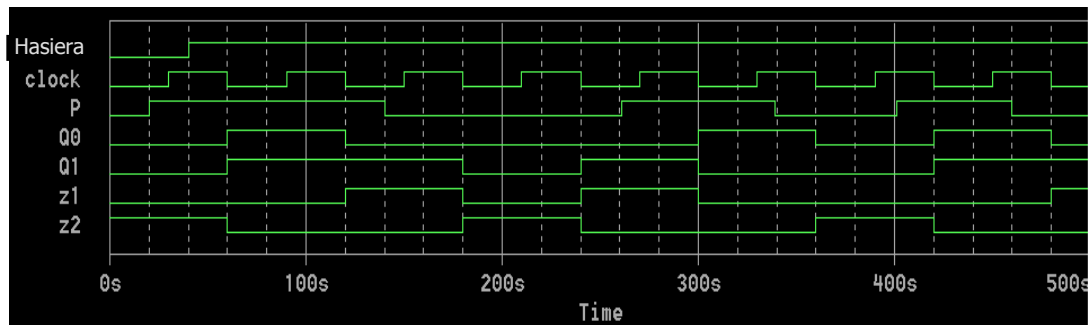


208. Irudia

49. Taulan egin den ordezeko esleipenarekin, zirkuituaren garapena 209. Irudian erakusten da, eta horri dagokion simulazioa 210. Irudian azter daiteke.



209. Irudia



210. Irudia