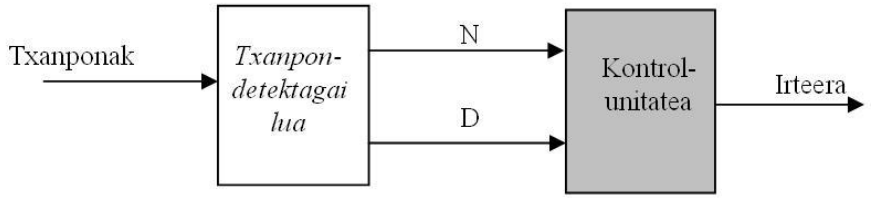
2. Sintesia

Atal honetan oinarrizko motako zirkuitu asinkronoak diseinatzeko osatu behar diren urratsak aztertzen dira, eta lerro hauetan laburbildu dira:

- **1. urratsa:** garatu behar den sistemaren hitzezko deskripzioa kontuan izanda jatorrizko fluxu-taula osatu.
- **2. urratsa:** jatorrizko fluxu-taula murriztu fluxu-taula osatzeko.
- **3. urratsa:** Egoera sekundarioen esleipena egin.
- **4. urratsa:** kitzikapen-taula eta irteera-taula osatu.
- **5. urratsa:** kitzikapen-aldagaien eta irteeren ekuazio logikoak zehaztu.
- **6. urratsa:** ekuazio logikoak garatzen dituzten gailuekin zirkuitua osatu.

Urrats bakoitzaren garapena egoki azaltzeko, kafe-makina baten kontrol-unitatea diseinatuko da. Kafearen balioa 0,30 € da, eta makinak 0,10 € eta 0,20 €-ko txanponak bakarrik onartzen ditu. Horiek bereizteko, N eta D irteerak dituen txanpon-detektagailua dauka. Hala, N irteerak 1 balioa izango du 0,10 € sartzen direnean, eta D irteerak 1 balioa izango du 0,20 € sartzen direnean. Txanponak banan-banan sartu behar dira. Sistema egonkortzeko behar den denbora-tartean D eta N seinaleak 1 balioarekin mantenduko dira. Ondoren, 0 baliora bueltatzen dira hurrengo txanpona sartu arte. N = D = 1 aldi berean izatea ezinezkoa da.



Zirkuituaren hitzezko azalpena hartuta, jatorrizko fluxu-taula osatu

Jatorrizko fluxu-taula da errenkada bakoitzeko egoera egonkor bakarra duen taula. Hortaz, hitzezko azalpena kontuan izanda, jatorrizko fluxu-taula osatu behar da. Lehenik, egoera egonkorrei soilik esleituko zaie irteera, 53. Taulan egin den moduan.

	D N (0,2€ 0,1€)				
	00	01	10	11	
A	A/0	B/	C/	-	HASIERA
B	D/	B/0	-	-	0,1
C	J/	-	C/0	-	0,2
D	D/0	E/	F/	-	0,1 (p)
E	G/	E/0	-	-	0,1+0,1
F	A/	-	F/1	-	0,1+0,2
G	G/0	H/	I/	-	0,1+0,1 (p)
H	A/	H/1	-	-	0,1+0,1+0,1
I	A/	-	I/1	-	0,1+0,1+0,2
J	J/0	K/	L/	-	0,2 (p)
K	A/	K/1	-	-	0,2+0,1
L	A/	-	L/1	-	0,2+0,2

53. Taula

Hurrena, egoera ezegonkorrei esleitu behar zaie irteera arau hauek jarraituz

- 0 irteera-balioa duten bi egoera egonkorren arteko egoera ezegonkorrari 0 irteera esleitzen zaio.
- 1 irteera-balioa duten bi egoera egonkorren arteko egoera ezegonkorrari 1 irteera esleitzen zaio.
- Irteera-balio ezberdinak dituzten (bata 0a eta bestea 1a) bi egoera egonkorren arteko egoera ezegonkorrari *Axolarik gabeko* gaia esleitzen zaio
- Irteera ezberdina duten bi egoera egonkorretik abiatuz zutabe berdinera heltzea posiblea bada, azken egoeraren irteera-balioa esleitu behar zaie zutabe horren egoera ezegonkorrei.

Haiek aplikatuz, 54. Taula lortzen da.

	D N 00	01	10	11
A	A/0	B/0	C/0	-
B	D/0	B/0	-	-
C	J/0	-	C/0	-
D	D/0	E/0	F/-	-
E	G/0	E/0	-	-
F	A/-	-	F/1	-
G	G/0	H/-	I/-	-
H	A/-	H/1	-	-
I	A/-	-	I/1	-
J	J/0	K/-	L/-	-
K	A/-	K/1	-	-
L	A/-	-	L/1	-

54. Taula

Jatorrizko fluxu-taula murriztu, fluxu-taula zehazteko

Jatorrizko fluxu-taula lortu ondoren, hura sinplifikatu behar da fluxu-taula osatzeko. Horretarako, lerro bateragarriak aurkitu behar dira, hots, bi errenkada bateragarri izango dira errenkada horietan agertzen diren egoera eta irteerak bateragarriak badira zutabe guztietan. Era berean, egoera egonkorren eta egoera ezegonkorren bateragarritasuna zehazteko, atala hauek kontuan izan behar dira:

- (i) egoera egonkorra eta i egoera ezegonkorra bateragarriak dira
- (i) egoera egonkorra eta j egoera ezegonkorra bateragarriak dira, (i) eta (j) bateragarriak badira.
- i egoera ez egonkorra eta j egoera ezegonkorra bateragarriak dira, (i) eta (j) bateragarriak badira.

Aurreko paragrafoetan aurkeztutako baldintzak betetzeko, ezinbestekoa da bikote bateragarriak zehaztea. Horretarako, inplikazio-taula osatu behar da pausu hauek jarraituz:

- Taula osatuko da, alde batetik, ardatz bertikalean lehenengo egoera izan ezik gainerako guztiak adieraziz, eta bestetik, ardatz horizontalean azkenengoa izan ezik gainerako guztiak adieraziz.
- Gurutze batekin markatzen dira irteera zehaztua eta ezberdina duten egoeren laukiak. Egoera horiek bateraezinak izango dira.

- Gainerako laukietan, lauki hori osatzen duten ardatzen egoerak bateragarriak izateko bateragarri izan behar duten egoerak idazten dira.
- Laukia osatzen duten ardatzen egoerak bateragarriak izan daitezen bateragarri izan behar duten egoerak berak badira, laukian ✓marka jartzen da.
- Lauki guztiak osatu ondoren, taulan berriro begiratu behar da, bikote bateraezinak dauden laukietan gurutze-marka jartzeko.
- Gurutzatu gabe geratzen diren laukiak egoera bateragarriei dagozkie.

Horiek horrela, eta planteatutako adibidearekin jarraituz, 55. Taula lortuko litzateke.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
B	A-D										
C	A-J	D-J									
D	B-E C-F	B-E	D-J C-F								
E	A-G B-E	D-G	G-J √	D-G							
F		A-D		A-D	A-G						
G	B-H C-I	D-G B-H	G-J C-I	E-H F-I	E-H	A-G F-I					
H			A-J			√	A-G				
I		A-D		A-D F-I	A-G	√	A-G	√			
J	B-K C-L	D-J B-K	C-L	E-K F-L	G-J E-K	A-J F-L	H-K I-L	A-J H-K	A-J I-L		
K			A-J			√	A-G H-K	√	√	A-J	
L		A-D		A-D F-L	A-G	√	A-G I-L	√	√	A-J	√

55. Taula

Bikote bateragarrien zerrenda (CE) (FH) (FI) (FK) (FL) (GJ) (HI) (HK) (HL) (IK) (IL) (KL) izango litzateke, eta bateragarritasun-klase ere baderitzo bikote bakoitzari. Horiek aintzat hartuta, *talde itxi minimo* deritzoguna lortu behar da. Horretarako, pauso hauek eman behar dira:

- *Bateragarritasun-klase maximoak* definitu behar dira, hots, errenkadek bateragarritasun-klase maximoa osatuko dute, baldin eta talde horren barruan osa daitezkeen egoera-bikote guztiak bateragarriak badira. Horiek horrela, oinarrizko arau hauek aplikatu behar dira 56. Taula osatzeko.
    - Inplikazio-taularen ardatz horizontalean idatzitako egoerak idatzi behar dira zutabe bakar batean.
    - Ardatz horizontalaren egoera bakoitzarekin bateragarriak diren egoerak idatzi behar dira.

- Bateragarritasun-klaseak ahalik eta handienak egiteko, iragankortasun-propietatea betetzen den frogatu behar da. Hortaz, (KL) (IL) eta (IK) bateragarritasun-klaseak baditugu, (IKL) bateragarritasun-klasea osatu ahal izango da.

K	(KL)	
J	(KL)	
I	**(KL)(IL)(IK)**	
I	(IKL)	
H	**(IKL)(HI)(HK)(HL)**	
H	(HIKL)	
G	(HIKL)(GJ)	
F	**(HIKL)(FH)(FI)(FK)(FL)**(GJ)	
F	(FHIKL)(GJ)	
E	(FHIKL)(GJ)	
D	(FHIKL)(GJ)	
C	(FHIKL)(GJ)(CE)	
B	(FHIKL)(GJ)(CE)	
A	(FHIKL)(GJ)(CE)	Bateragarritasun-klase maximoak

56. Taula

- Talde itxi minimoa bateragarritasun-klaseekin osatuko da, kontuan izanda: lehenik, jatorrizko taulak dituen egoera guztiak talde horretan agertzen direla (hots, osoa dela); hurrena, klase guztien *ondorengo egoerak* multzoaren klaseren batean daudela (hots, trinkoa dela); eta azkenengoa, aurreko baldintza guztiak betetzen dituzten klase-kopuru minimoa aukeratu dela (hots, minimoa dela). Hortaz, talde itxi minimoa izango litzateke:

{(A), (B), (CE), (D), (FHIKL), (GJ)}

Talde itxi minimo hori hartuta, jatorrizko fluxu-taula murriztua, edo fluxu-taula soilik deritzoguna lortzen da, 57. Taulan egin den moduan.

	D N 00	01	10	11
(A)	A/0	B/0	CE/0	-
(B)	D/0	B/0	-	-
(CE)	GJ/0	CE/0	CE/0	-
(D)	D/0	CE/0	FHIKL/-	-
(FHIKL)	A/-	FHIKL/1	FHIKL/1	-
(GJ)	GJ/0	FHIKL/-	FHIKL/-	-

57. Taula

Lerroak berrizendatu daitezke taula irakurgarriago izan dadin; adibidez, 1 = (A), 2 = (B), 3 = (CE), 4 = (D), 5 = (FHIKL) eta 6 = (GJ) aplikatuz gero, 58. Taula izango genuke erabilgarri.

	D N 00	01	10	11
1	1/0	2/0	3/0	-
2	4/0	2/0	-	-
3	6/0	3/0	3/0	-
4	4/0	3/0	5/-	-
5	1/-	5/1	5/1	-
6	6/0	5/-	5/-	-

58. Taula

Egoera sekundarioen esleipena

14. Ekuazioan adierazi denez, sistemaren egoera osoa definitzen da, sarrera eta egoera sekundarioak mugatuz. Fluxu-taulak sei egoera dituenez, hiru aldagai sekundario behar izango dira horiek bereizteko, hots, $y_3y_2y_1$. Haien konbinazio jakin bat esleituko zaio fluxu-taularen lerro bakoitzari, 59. Taulan egin den moduan. Esleipen horrek arau batzuk jarraitu behar lituzke denborazko arazoak saihesteko, baina, oraingoz, esleipen aleatorioa egingo da.

Fila	$y_3y_2y_1$
1	000
2	001
3	010
4	011
5	100
6	101

59. Taula

Nabaria da hiru berrelikadura-linea agertuko direla diseinuan, sistemaren egoera definitzeko hiru aldagai sekundario erabili baitira.

Kitzikapen-taula eta irteera-taula osatu

Kitzikapen-taula osatzea oso prozedura erraza da; izan ere, fluxu-taularen hizkien ordez haiei esleitutako kodea berridaztea nahikoa da, 60. Taulan egin den moduan. Hor ere, egoera egonkorrak barrutu egin dira zirkulu batean.

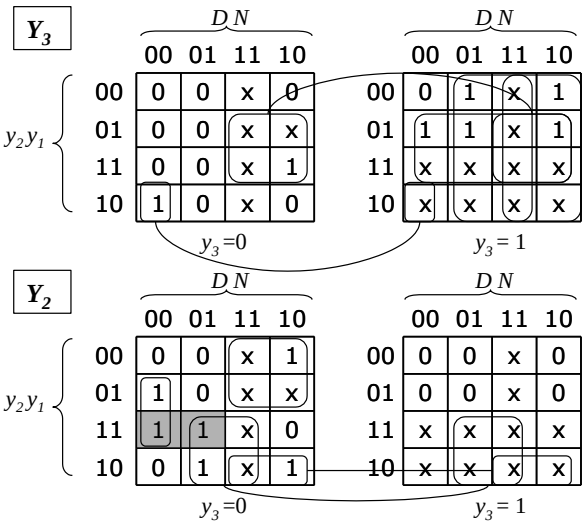
	$y_3y_2y_1$	D N 00	01	10	11
1	000	000/0	001/0	010/0	-
2	001	011/0	001/0	-	-
3	010	101/0	010/0	010/0	-
4	011	011/0	010/0	100/-	-
5	100	000/-	100/1	100/1	-
6	101	101/0	100/-	100/-	-

$Y_3Y_2Y_1/z$

60. Taula

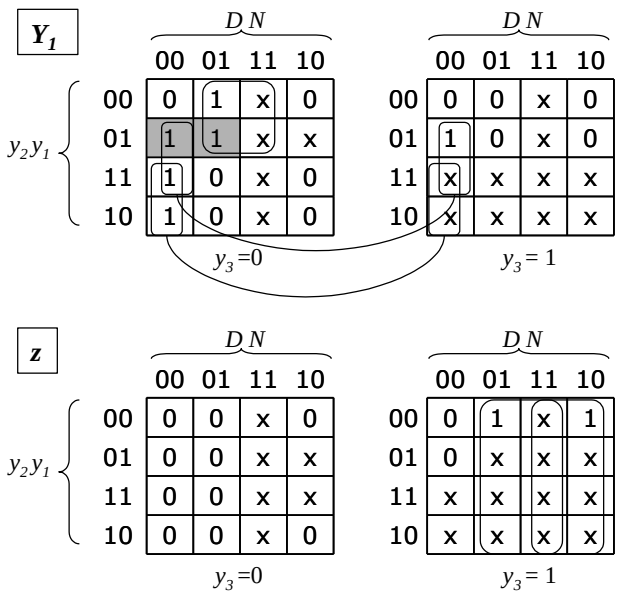
Kitzikapen-aldagaien eta irteeren ekuazio logikoak zehaztu

211. Irudiaren eskemari behatuz, nabaria da zirkuitu konbinazionala diseinatzeko bost sarrera (D, N, y_3, y_2, y_1) eta lau irteera (z, Y_3, Y_2, Y_1) daudela. Haiei dagozkien egia-taulak osatzeko, 60. Taula abiapuntutzat hartuko da; ondoren, eta Karnaugh-mapak erabiliz, ekuazio-logiko sinplifikatuak lortuko dira. Prozedura hori, 61. Taulan garatu da.



$$Y_3 = y_2\bar{y}_1\bar{D}\bar{N} + y_1D + y_3y_1 + y_3N + y_3D$$

$$Y_2 = \bar{y}_3\bar{y}_2D + \bar{y}_3y_1\bar{D}\bar{N} + y_2N + y_2\bar{y}_1D$$



$$Y_1 = y_2\bar{D}\bar{N} + \bar{y}_3\bar{y}_2N + y_1\bar{D}\bar{N}$$

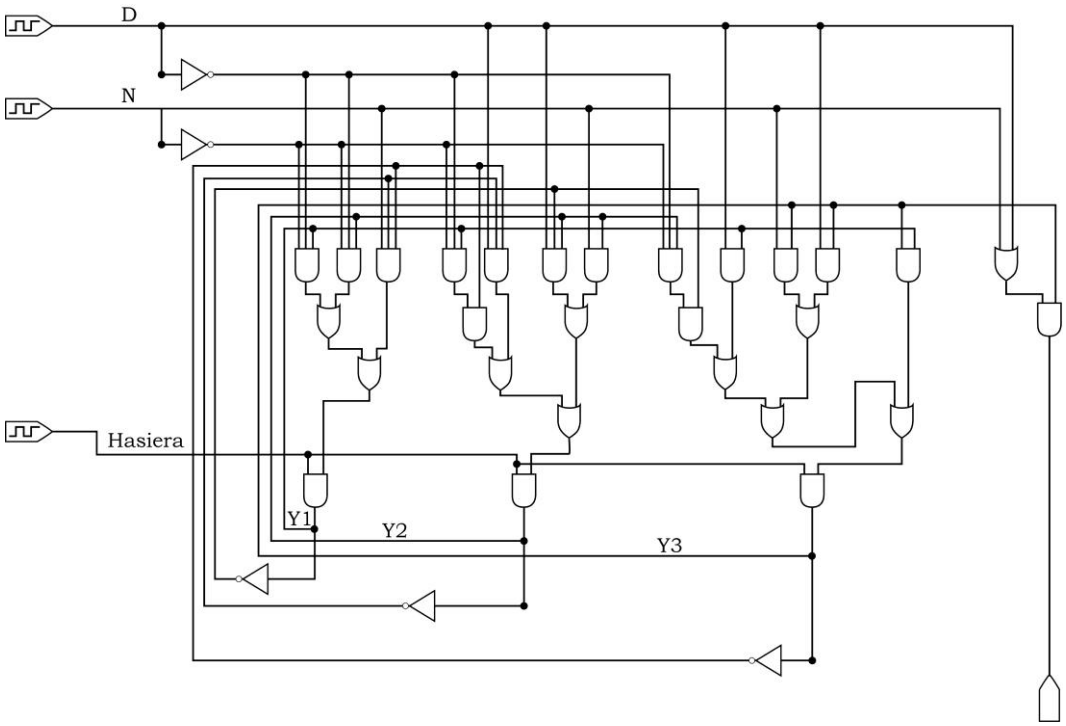
$$z = y_3N + y_3D = y_3\left(N + D\right)$$

61. Taula

Egin den sinplifikazioarekin, Y_2 eta Y_1 irteeretan arrisku estatikoak ager daitezkeela ikus daiteke (61. Taulan grisez marraztutako laukitxoak). Sintesiaren prozedurarekin jarraitzeko helburuarekin, arazo hori ez dugu aintzat hartuko, baina aztergaia izango da, sistema sekuentzial asinkronoetan sistema konbinazionaletan baino eragin kaltegarriagoak dituelako.

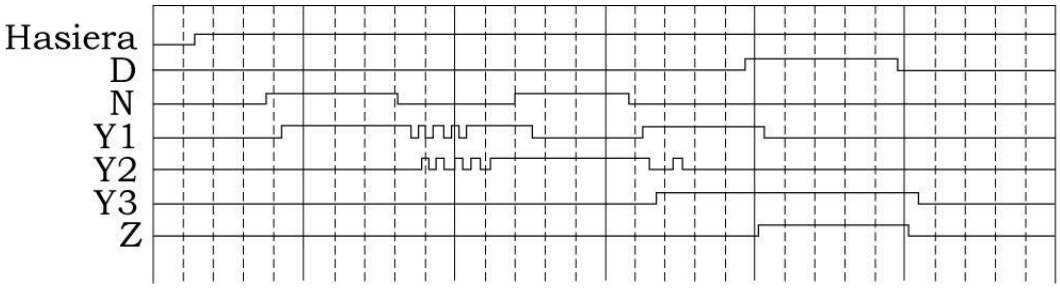
Ekuazio logikoak garatzen dituzten gailuekin zirkuitua osatu

Aurreko atalean lortutako ekuazio logikoak erabiliz, eta 211. Irudiaren eskemari jarraituz, 217. Irudian agertzen den zirkuitua gara daiteke.



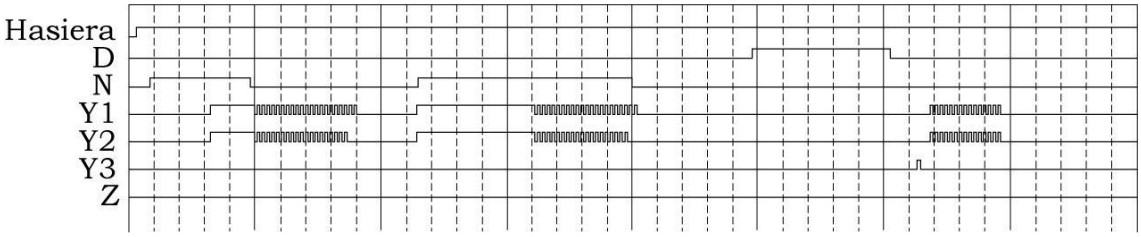
217. Irudia

Garatutako kontrol-sistema frogatzeko zenbakizko simulatzailea erabil daiteke, Pspice adibidez. Horretarako, sarrera-sekuentzia definitu behar da: lehenik, 0,10 €-ko bi txanpon sartzen dira, eta ondoren, 0,20 €-ko txanpon bat, hots, N seinalea birritan 1 balioarekin agertuko da, eta D seinalea behin, 218. Irudiaren kronograman ikus daitekeenez. Suposatzen da sistema egonkortzeko behar beste denboran maila altua mantenduko dela N eta D seinaleetan. Kronograma aztertuz, ondoriozta daiteke funtzionamendu egokia lortu dela, irteera aktibatzen baita D sarrerak maila altua adierazten duen unean, hau da, 0,40 € sartu diren unean. Aitzitik, berrelikadura-lineetan egonkortasun-arazoak sumatu daitezke, batez ere DN=00 denean 0,10 €-ko txanpona sartu ondoren.



218. Irudia

Hiru berrelikadura-lineen atzerapen-denborak berdinak izatearen baldintzarekin garatu da simulazioa. Berrelikadura-linea horietan atzerapen ezberdinak gertatuko balira, interesgarria litzateke aztertzea horren eragina diseinatutako sisteman. Hori egin ahal izateko, 1 eta 3 berrelikadura-lineetan atzerapena behartzen da lerro bakoitzeko bi alderantzikagailu seriean jarriz gero, eta horren eragina 219. Irudiaren kronograman azter daiteke.



219. Irudia

Nabaria da berrelikadura-lineetan atzerapen ezberdinak egoteak emaitza hondagarriak sorrarazten dituela, izan ere, sistemak gaizki funtzionatzen du. Horiek horrela, ezinbestekoa da denborazko hausnarketa egitea berrelidadura-lineetan atzerapen ezberdinak egon daitezkeen susmoa dagoenean.