

ülesanne:



Projekteerida ja realiseerida **T**-trigeritel ja lihtloogikaelementidel Mealy' automaat "Subjektiiivne hindaja", mis toimib järgnevalt:

- kui hindaja on **halvas** tujus ja tuleb **halb** vastus, siis pannakse hinne **2**
- kui hindaja on **halvas** tujus ja tuleb **hea** vastus, siis pannakse hinne **4**
- kui hindaja on **heas** tujus ja tuleb **hea** vastus, siis pannakse hinne **5**
- kui hindaja on **heas** tujus ja tuleb **halb** vastus, siis pannakse hinne **3**
- iga **hea** vastus teeb hindaja tuju **heaks**
- iga **halb** vastus teeb hindaja tuju **halvaks**



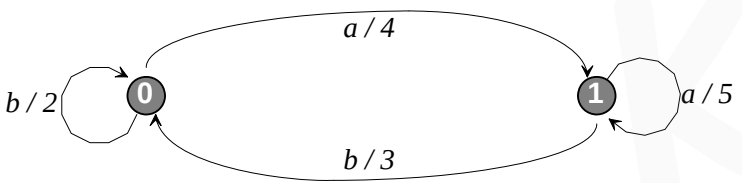
1. määrame automaadi tähestikud **I** **O** **S**

I = { **a**, **b** } **O** = { **2**, **3**, **4**, **5** } **S** = { **0**, **1** }

a — hea vastus **0** — halb tuju

b — halb vastus **1** — hea tuju

2. koostame Mealy' automaadi graafi



automaadi "Subjektiiivne Hindaja" graaf

koostatud graaf sisaldab kogu infot automaadi kohta: lisaks kolmele hulgale **I** **O** **S** saab graafilt välja kirjutada ka üleminekufunktsiooni δ ja väljundfunktsiooni λ :

$S \setminus I$	a	b
$S \setminus I$	a	b

0	1	0
1	1	0

δ :

3. 2ndkodeerime kõik hulgad, omistades nende liikmetele vabaltvalitud unikaalsed 2ndkoodid:

S	Q
0	0
1	1

I	x
a	0
b	1

0	4	2
1	5	3

λ :

O	y₁	y₂
2	1	1
3	0	0
4	0	1
5	1	0

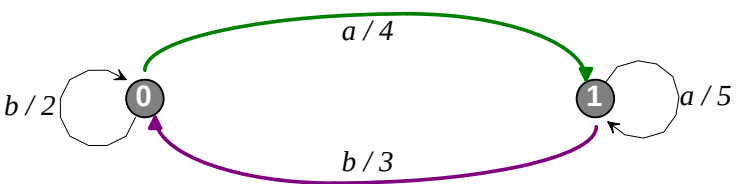
4. koostame **T**-trigeri ergutusfunktsiooni $T(Q, x)$, arvestades **T**-trigeri "käitumist": juhtsignaali **1** korral **T**-triger inverteerub ja juhtsignaali **0** korral säilitab oma väärtuse muutumatu:

T	Q_{n+1}
0	Q_n
1	$\overline{Q_n}$

T-trigeri ergutusfunktsiooni $T(Q, x)$ DNK saab koostada automaadi graafist. Ergutusfunktsioon peab andma **T**-trigerile ergutussignaali (juhtsignaali) **1**, kõikidel sellistel automaadi üleminekutel, kus automaadi triger peab inverteeruma. Kuna vaadeldav automaat on äärmiselt lihtne, siis lülitub ta ainus triger ümber alati, kui automaadi olek muutub. (2 üleminekut neljast).

Koostame (**graafile** toetudes) ergutusfunktsiooni DNK, mis väärtustub **1**-ks nendel kahel juhul :

(**roheline** ja **lilla** kaar graafil: annavad **rohelise** ja **lilla** liikme DNK-sse):



automaadi "Subjektiiivne Hindaja" graaf

$$T(Q, x) = \overline{Q} \overline{x} \vee Q x$$

S	Q
0	0
1	1

I	x
a	0
b	1

O	y ₁	y ₂
2	1	1
3	0	0
4	0	1
5	1	0

5. väljunditele valitud kodeeringut arvestades koostame 2-järgulise väljundkoodi $y_1 y_2$ mõlemat 2ndjärku arvutavad loogikafunktsioonid:

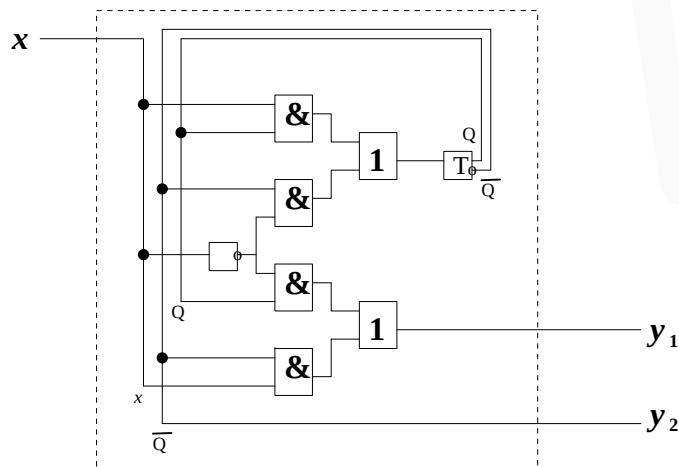
$$y_1(Q, x) = \overline{Q} x \vee Q \overline{x}$$

$$y_2(Q, x) = \overline{Q} x \vee \overline{Q} \overline{x} = \overline{Q} (x \vee \overline{x}) = \overline{Q}$$

6. kõikide koostatud funktsioonide DNK-d minimeeritakse.

(siin näites on kõik funktsioonid ainult 2 muutujaga ja nende minimeerimine on seega triviaalselt lihtne)

7. kui automaadi skeemrealisatsiooniks on ette antud kindlat tüüpi loogikaelemendid (näiteks JA-EI VÕI-EI), siis tuleb kõikide funktsioonide eelnevalt leitud MDNK-d teisendada vajalikule kujule. (meie näites loogikaelementidele piiranguid pole ja seega kasutame neid loogikaelemente, mis on vajalikud DNK vahetuks realiseerimiseks loogikaskeemina)



Selline skeem töötab täpselt vastavalt automaadi kirjeldusele piiramatult pika sisendite ("vastuste") jada korral.

Sisendiks olev "hinnatav vastus" saabub 1-järgulise kahendkoodina x ja väljundiks olev "hinne" (2 3 4 5) väljastatakse 2-järgulise kahendkoodina $y_1 y_2$

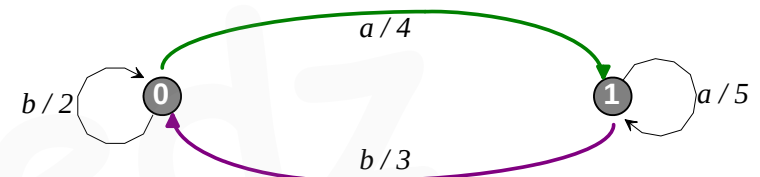
... lahendatud: automaat koostatud

TEINE lahendustee:

alternatiivne kodeerimisvõimalus: Eelnevas näites 2ndkodeerisime väljundid 2 3 4 5 suvaliselt, omistades neile juhuslikud 4 kahendkoodi. Vaatleme, milliseks oleks osutunud loodava automaadi skeemrealisatsioon, kui oleksime väljundid kodeerinud teisiti:

O	y ₁	y ₂
2	1	0
3	1	1
4	0	0
5	0	1

Ergutusfunktsioon $T(Q, x)$ väljundite kodeeringust ei olene ja ta tuleks sama, mis eelnenud näites.



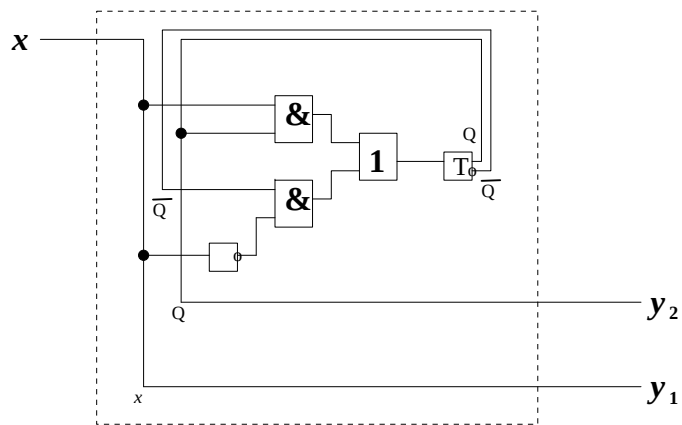
automaadi "Subjektiivne Hindaja" graaf

Väljundfunktsioonid tulevad sellise väljundikodeeringu korral järgnevad:

$$y_1(Q, x) = \overline{Q} x \vee Q x = x (\overline{Q} \vee Q) = x$$

$$y_2(Q, x) = Q x \vee Q \overline{x} = Q (x \vee \overline{x}) = Q$$

Seega osutub väljundfunktsioon y_1 sellise kodeeringu korral lihtsamaks. Sellega kaasnevalt jääb ka automaadi skeemrealisatsiooni keerukus väiksemaks:



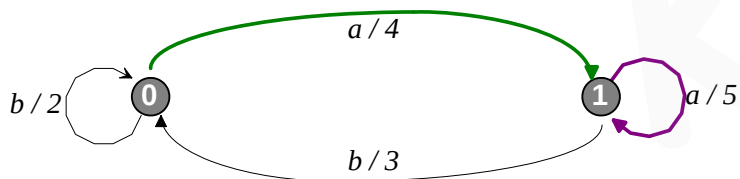
.... lahendatud: automaat koostatud

KOLMAS lahendustee:

Vaatleme sama automaadi skeemrealisatsiooni juhul, kui **T**-trigeri asemel oleks vaja kasutada automaadi mäluks **D**-trigerit. Ergutusfunktsiooni koostamisel tuleb arvestada D-trigeri "käitumist" — ta salvestab endas sellesama väärtuse, millega teda parajasti juhitakse:

D	Q _{n+1}
0	0
1	1

Ergutusfunktsioon D-trigerile peab väärtustuma **1**-ks automaadi igal sellisel üleminekul, millel automaat läheb olekusse koodiga **1**.

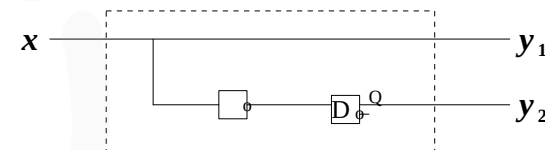


automaadi "Subjektiivne Hindaja" graaf

Selliseid üleminekuid on vaadeldaval automaadil 2 ja ergutusfunktsiooni $D(Q, x)$ DNK tuleb:

$$D(Q, x) = \overline{Q} \overline{x} \vee Q \overline{x} = \overline{x} (\overline{Q} \vee Q) = \overline{x}$$

Võttes väljunditele viimasena vaadeldud kodeeringu, osutuvad kõik 3 funktsiooni **1**-muutuja loogikafunktsioonideks ja automaadi skeemrealisatsioonis on vaja loogikaelementidest ainult ühte invertorit:



kas oleks võimalik mingi muudatusega isegi sellest ainsast **invertorist** vabaneda ?

näiteks: kui muuta olekute kodeering "vastupidiseks" ? :

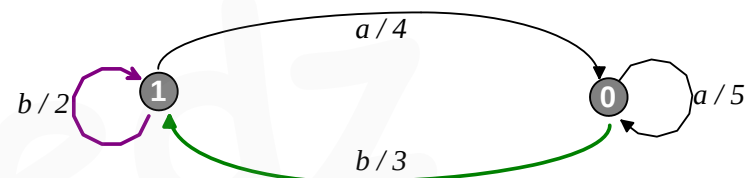
senine kodeering oli :

S	Q
0	0
1	1

S	Q
0	1
1	0

? aga kui kodeeriks olekud vastupidi :

ehk **graaf** modifitseeruks seljuhul :



automaadi graaf **vastupidise olekukodeeringu korral** roheline ja lilla kaar näitavad siirdeid, millal tuleb juhtida D-trigerit juhtsignaaliga 1

seljuhul oleks **D**-trigeri *ergutusfunktsioon* :

$$D(Q, x) = \overline{Q} x \vee Q x = x (\overline{Q} \vee Q) = x$$

tõepoolest — nii "saaks lahti" viimast realiseerimist ainsast invertorist (mis oli vajalik D-trigeri juhtimiseks) **aga** kas seljuhul hakkaks olema taas vaja loogikaelemente y_1 või y_2 arvutamiseks ?

siiski mitte :

senine funktsioon y_1 arvutamiseks :

$$y_1(Q, x) = \overline{Q} x \vee Q x = x(\overline{Q} \vee Q) = x$$

.... muutuks olekute *vastupidise* kodeeringu korral kujule :

$$y_1(Q, x) = Q x \vee \overline{Q} x = x(Q \vee \overline{Q}) = x$$

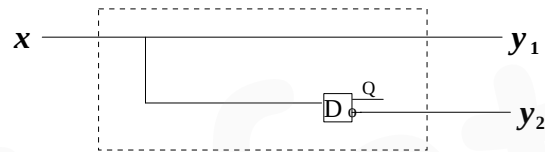
ja senine funktsioon y_2 arvutamiseks :

$$y_2(Q, x) = Q x \vee Q \overline{x} = Q(x \vee \overline{x}) = Q$$

.... muutuks olekute *vastupidise* kodeeringu korral kujule :

$$y_2(Q, x) = \overline{Q} x \vee \overline{Q} \overline{x} = \overline{Q}(x \vee \overline{x}) = \overline{Q}$$

.... kusjuures trigeri **inversioon**väärtuse "arvutamiseks" pole kah vaja **invertorit** kuna trigeril on endal olemas ka **inversioonväljund** :



automaadi parim saavutatav realisatsioon

ülesanne:



Esitada graafina abstraktne *Mealy'* automaat, mis tunneb sisendtähtede **A** ja **B** jadas ära fragmendid **ABBA** ja **ABAB**

Väljundtähestik $O = \{0, 1, 2\}$

Väljundtähtede tähendus:

0 — 4 viimast sisendtähte polnud kumbki äratuntav fragment

1 — 4 viimast sisendtähte olid **ABBA**

2 — 4 viimast sisendtähte olid **ABAB**

näide automaadi töötamisest :

sisendjada näide: ABBBABBABAAAABAABBABABABABBAAA

väljundreaktsioon: 0000000201000000000100202020100



Alustame (funktsionaalse kirjelduse alusel) automaadi **graafi** koostamist, mille käigus selgub ka vajalik **olekute hulk**.

Võtame uusi olekuid juurde vastavalt vajadusele.

Olekute staatused:

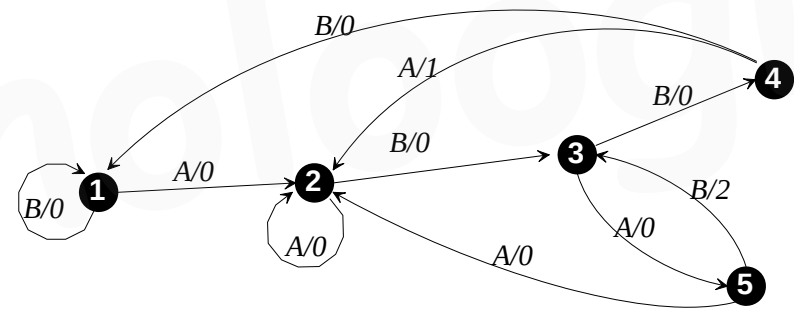
1 — **0** "õiget" registreeritud ehk viimane sisend ei sobi fragmentide alguseks

2 — **1** "õige" registreeritud ehk viimane sisendtäht oli **A**

3 — **2** "õiget" registreeritud ehk viimased sisendtähted olid **A B**

4 — viimased **3** sisendtähte olid **A B B**

5 — viimased **3** sisendtähte olid **A B A**

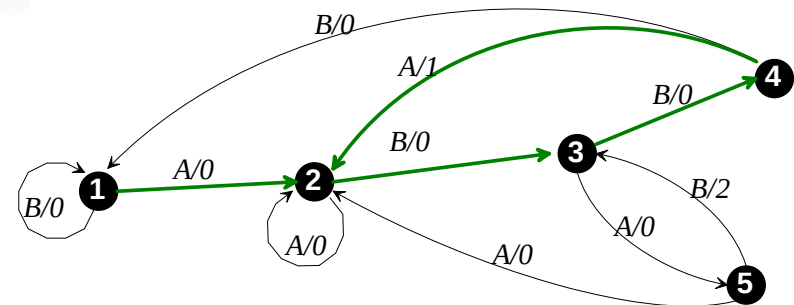


Seega peab (selliseid jadasid äratundval) Mealy' automaadil olema **5** olekut, mis võivad (abstraktsel kujul) olla tähistatud suvaliste sümbolitega :

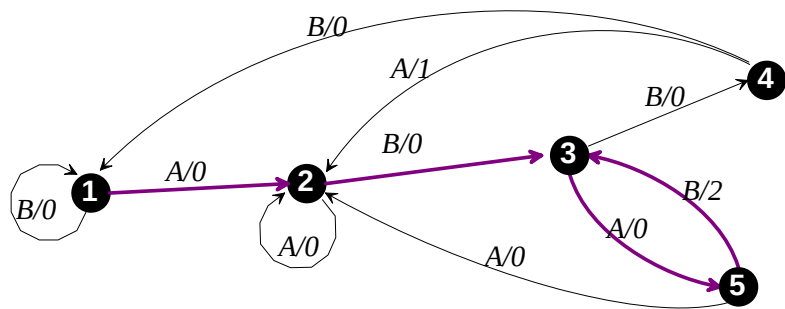
$S = \{1, 2, 3, 4, 5\}$

.... lahendatud

fragmendi **ABBA** saabumisel, läbib automaat **rohelisega** näidatud siirded :



fragmendi **ABAB** saabumisel, läbib automaat **lillaga** näidatud siirded :



ülesanne:



Projekteerida ja realiseerida **T**-trigeritel ning **JA-EI** elementidel Mealy' automaadina koodlukk, mille avanemiskood on **1213**.
Sisendtähestik: **I = { 1, 2, 3 }** Väljundtähestik **O = { 0, 1 }**

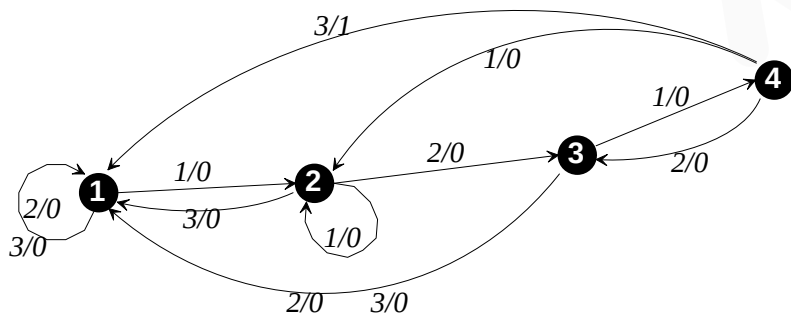


1. koostame automaadi graafi (mille käigus selgub ka vajalik olekute hulk S)

Võtame kasutusele uusi olekuid vastavalt vajadusele.

Olekute staatused:

- 1 — 0 "õiget" registreeritud ehk viimane sisend ei olnud 1
- 2 — 1 "õige" registreeritud ehk viimane sisend oli 1
- 3 — 2 "õiget" registreeritud ehk viimased sisendid olid 1 2
- 4 — 3 "õiget" registreeritud ehk viimased sisendid olid 1 2 1



Seega peab sellisel Mealy' koodlukk-automaadil olema **4 olekut** :

$$S = \{ 1, 2, 3, 4 \}$$

2. kahendkodeerime kõik hulgad

konkreetsed unikaalsed 2ndkoodid on valitud ja omistatud suvaliselt :

S	$Q_1 Q_2$
1	0 1
2	1 0
3	1 1
4	0 0

I	$x_1 x_2$
1	0 1
2	1 0
3	1 1

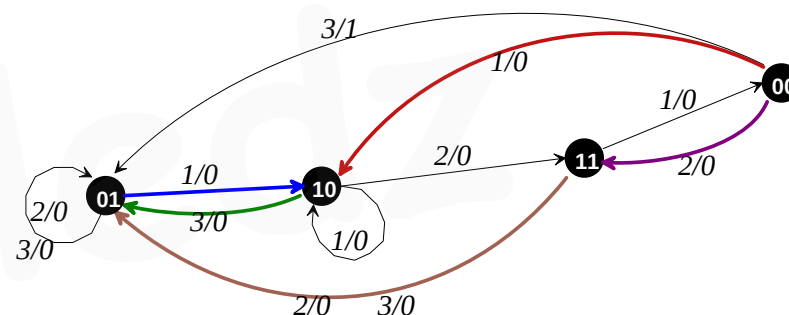
O	y
0	0
1	1

3. koostame T-trigeritele ergutusfunktsioonid

Selleks märgime automaadi graafile olekute 2ndkoodid ja otsime graafil järgnevalt välja kõik sellised siirded (üleminekud), millel vaadeldav T-triger (T_1 või T_2) peab inverteeruma.

Arvestades (eelnevalt valitud) olekukoode ja sisendkoode saame ergutusfunktsiooni DNK.

Kuna **olek** ja **sisend** on mõlemad kodeeritud 2-järguliste kahendkoodidega (ja uus olek sõltubki kõikidel automaatidel praegusest olekust ja sisendist), siis trigerite ergutusfunktsioonid osutuvad 4-muutuja loogikafunktsioonideks



esimese trigeri ergutusfunktsiooni DNK:

$$T_1(Q_1 Q_2 x_1 x_2) = \overline{Q_1} Q_2 \overline{x_1} x_2 \vee Q_1 \overline{Q_2} x_1 x_2 \vee Q_1 Q_2 \vee \overline{Q_1} \overline{Q_2} \overline{x_1} x_2 \vee \overline{Q_1} \overline{Q_2} x_1 \overline{x_2}$$

värvid näitavad : millisest siirdest / kaarest saame millise liikme DNK-sse

(liige $Q_1 Q_2$ tuleb sellest, et kui automaat lahkub olekust koodiga **11**, siis triger T_1 inverteerub kindlasti / alati ehk sõltumata saabuvast sisendkoodist $x_1 x_2$

DNK liikme $Q_1 Q_2$ asemel tohiks lisada DNK-sse ka kõik 3 konjunktsiooni, mis kirjeldavad kõiki "lahkumisi" olekust koodiga **11**, kuid see oleks ebaoptimaalne kuna suurendaks asjatult DNK keerukust)

teise trigeri ergutusfunktsiooni DNK :

$$\begin{aligned} T_2(Q_1 Q_2 x_1 x_2) = & \overline{Q}_1 Q_2 \overline{x}_1 x_2 \vee Q_1 \overline{Q}_2 x_1 x_2 \vee \\ & \vee Q_1 \overline{Q}_2 x_1 \overline{x}_2 \vee Q_1 Q_2 \overline{x}_1 x_2 \vee \overline{Q}_1 \overline{Q}_2 x_1 \overline{x}_2 \vee \\ & \vee \overline{Q}_1 \overline{Q}_2 x_1 x_2 \end{aligned}$$

Väljundfunktsioon peab olema väärtusega **1** ainult ühel siirdel (siis kui **olekukood** on parajasti **00** ja saabub sisend **11**) :

$$y(Q_1 Q_2 x_1 x_2) = \overline{Q}_1 \overline{Q}_2 x_1 x_2$$

4. minimeerime kõik saadud loogikafunktsioonid

Väljundfunktsioon $y(Q_1 Q_2 x_1 x_2)$ on juba minimaalne.

Karnaugh' kaardi abil minimeerime ülejäänud kahte funktsiooni (trigerite ergutusfunktsioonid T_1 ja T_2) :

$Q_1 Q_2 \backslash x_1 x_2$	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

T_1

$Q_1 Q_2 \backslash x_1 x_2$	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

T_2

$Q_1 Q_2 \backslash x_1 x_2$	00	01	11	10
00	0	1	0	1
01	0	1	0	0
11	1	1	1	1
10	0	0	1	0

T_1

$Q_1 Q_2 \backslash x_1 x_2$	00	01	11	10
00	0	0	1	1
01	0	1	0	0
11	0	1	0	0
10	0	0	1	1

T_2

NB! sellised tõeväärtustabelid siin kaartidel ei arvesta, et sisendsignaalide $x_1 x_2$ väärtuspaari **00** ei saabu automaati mitte kunagi — ehk ei arvestata, et need minimeeritavad funktsioonid T_1 ja T_2 omavad ka **määramatuspiirkonda**

Trigerite ergutusfunktsioonide MDNK-d eelnevatele kaartidele (kus ei arvestata **määramatuspiirkonda**) :

$$T_1 = \overline{Q}_1 \overline{x}_1 x_2 \vee Q_1 x_1 x_2 \vee Q_1 Q_2 \vee \overline{Q}_1 \overline{Q}_2 x_1 \overline{x}_2$$

$$T_2 = Q_2 \overline{x}_1 x_2 \vee \overline{Q}_2 x_1$$

(**punased** algtermid õnnestub optimeerida nendest DNK-dest välja — juhul kui **määramatuspiirkonda** ei ignoreerita)

eelnevatest optimaalsemad / paremad ergutusfunktsioonid T_1 ja T_2 :

Trigerite ergutusfunktsioonide MDNK-d juhul, kui minimeerimisel kasutatakse ära **määramatuspiirkonda** — võimalikult minimaalseima (sobiva) DNK saamiseks :

$\backslash x_1 x_2$	00	01	11	10
00	—	1	0	1
01	—	1	0	0
11	—	1	1	1
10	—	0	1	0

T_1

$$T_1 = \overline{Q_1} \overline{x_1} \vee Q_1 x_1 x_2 \vee Q_1 Q_2 \vee \overline{Q_1} \overline{Q_2} \overline{x_2}$$

$$T_2 = Q_2 \overline{x_1} \vee \overline{Q_2} x_1$$

5. teisendame kõik 3 funktsiooni kujule JA-EI (DNK topeltinversiooni ja DeMorgani seaduse abil)

! siin on teisendatud JA-EI kujule esmased ehk ebaoptimaalsed T_1 ja T_2

$$y(Q_1 Q_2 x_1 x_2) = \overline{\overline{Q_1} \overline{Q_2} x_1 x_2} = \overline{\overline{Q_1} \overline{Q_2} x_1 x_2}$$

$$T_1 = \overline{Q_1} \overline{x_1} x_2 \vee Q_1 x_1 x_2 \vee Q_1 Q_2 \vee \overline{Q_1} \overline{Q_2} x_1 \overline{x_2} =$$

$$= \overline{\overline{\overline{Q_1} \overline{x_1} x_2} \vee \overline{Q_1 x_1 x_2} \vee \overline{Q_1 Q_2} \vee \overline{\overline{Q_1} \overline{Q_2} x_1 \overline{x_2}}} =$$

$$= \overline{\overline{Q_1} \overline{x_1} x_2} \overline{Q_1 x_1 x_2} \overline{Q_1 Q_2} \overline{\overline{Q_1} \overline{Q_2} x_1 \overline{x_2}}$$

$\backslash x_1 x_2$	00	01	11	10
00	—	0	1	1
01	—	1	0	0
11	—	1	0	0
10	—	0	1	1

T_2

$$T_2 = \overline{\overline{Q_2 \overline{x_1} x_2} \vee \overline{\overline{Q_2} x_1}} = \overline{Q_2 \overline{x_1} x_2} \overline{\overline{Q_2} x_1}$$

6. JA-EI kujul avaldised realiseerime loogikaskeemina JA-EI loogikaelementidel, saades automaadi skeemrealisatsiooni

... skeem siin joonistamata ...

