



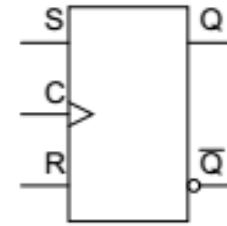
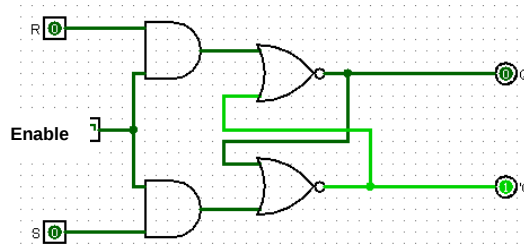
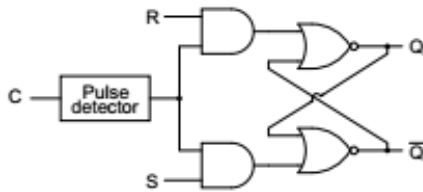
BASIS ELEKTROTECHNIEK 1 – WEEK 7

overtref jezelf



Vorige week

- Verschil combinatorische en sequentiële logica
- Latches en Flip-flops



- Meest gebruikte toepassing van flip-flops is het opslaan van 'toestanden'
- Met twee flip-flops (2 bits) kunnen 4 mogelijke systeem toestanden worden opgeslagen.
 - Wat wordt de volgende toestand?
 - Wat is de huidige toestand?

Agenda

- Finite State Machines (FSM)
 - Toestandsdiagrammen - State Transition Diagram (STD)
 - Mealy en Moore machines

- Sommige systemen hebben een beperkt aantal toestanden (Finite State Machine)
 - Slagboom aansturing (voorbeeld)
 - Garagedeur aansturing
 - Koffieapparaat
 - Stoplichten
 - Etc...
- Sommige systemen hebben een oneindig aantal toestanden (Infinite State Machine)
 - Turing machine
- Wij kunnen FSMs maken

Voorbeeld slagboom

- Hoeveel ingangen?
- Hoeveel uitgangen?



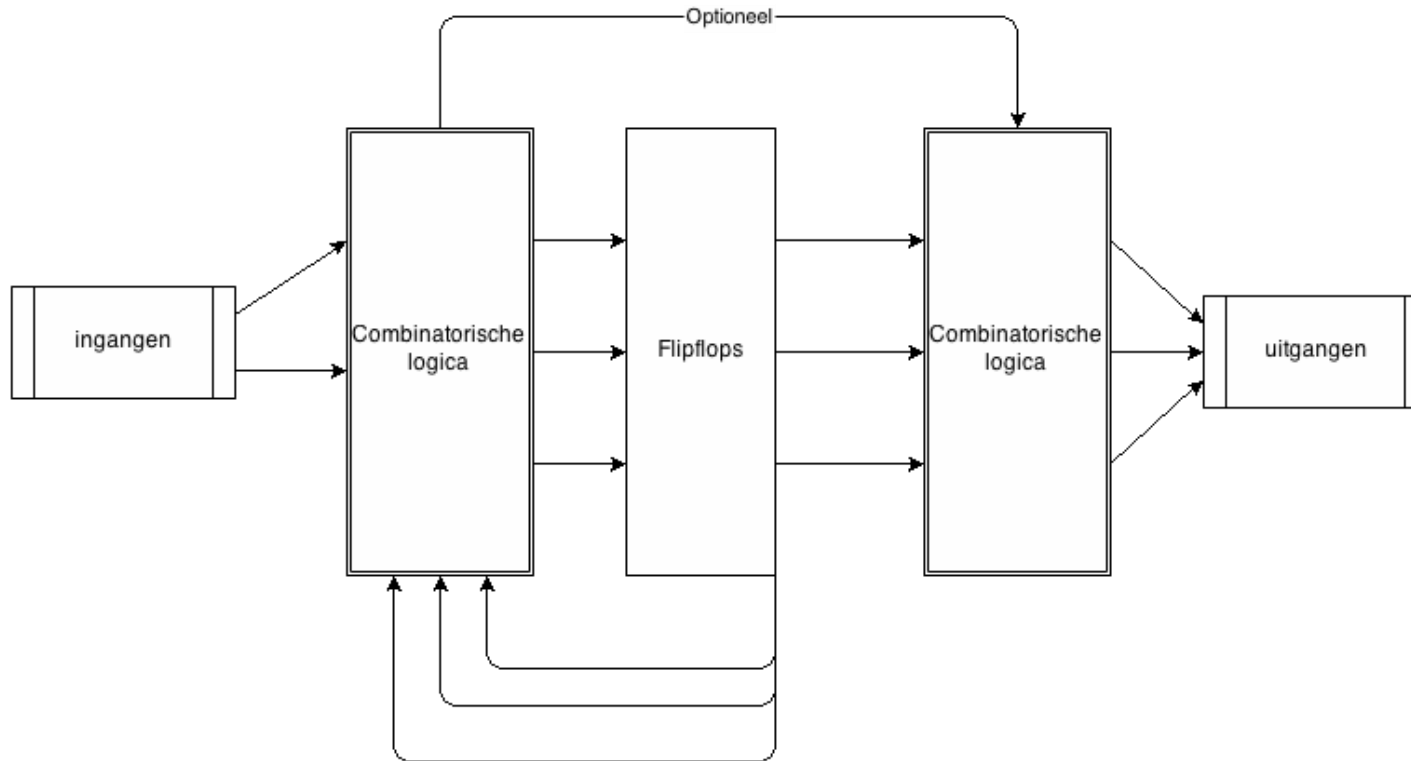
Systemen en Toestanden

- Begin altijd met de ingangen
- Invloed van de ingangen op een systeem:
 - Volgende toestand wordt enkel bepaald door de ingangen
 - Aantal ingangen bepaalt het aantal mogelijke richtingen vanuit een toestand:
 - 1 ingang (bit) $\rightarrow$ 2 mogelijke vervolgen
 - 2 ingangen $\rightarrow$ 4 mogelijke vervolgen
 - 3 ingangen $\rightarrow$ 8 mogelijke vervolgen
 -

- State machines
 - De Flip-flops worden gebruikt om toestanden te onthouden
 - Huidige toestand + huidige ingang(en) bepalen volgende toestand
- Mealy en Moore machines
 - Moore: De uitgangen worden bepaald a.d.h.v. huidige toestand
 - Schakeling aan de uitgang heeft als input de flip-flop uitgangen
 - Mealy: De uitgangen worden bepaald a.d.h.v. huidige toestand EN ingangen
 - Schakeling aan de uitgang heeft als input de flip-flop uitgangen EN de ingangen van het systeem

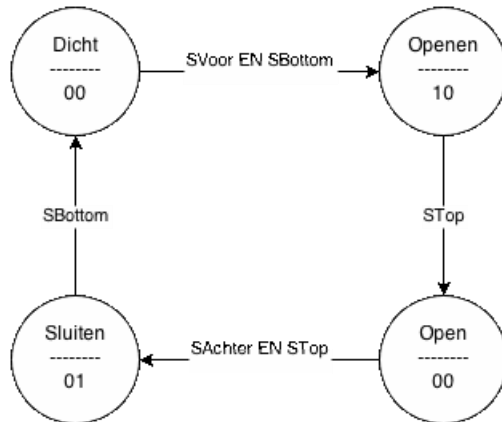
Voorbeeld slagboom Logisim

Algemeen model:



Voorbeeld slagboom Logisim

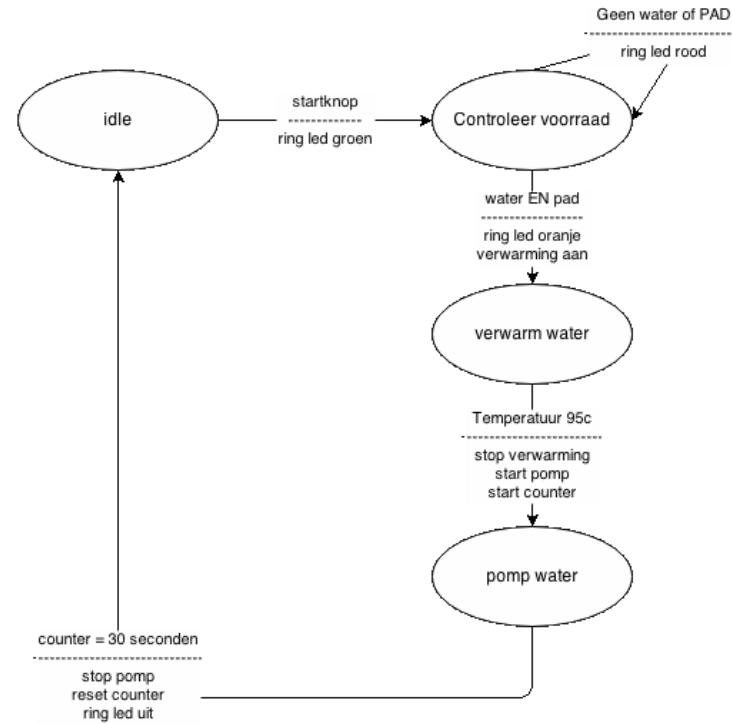
- 4 Toestanden
 - Op te slaan met 2 bits (dus 2 FF's)
 - Toekennen binaire waarde aan toestand
- Elke combinatie zal werken
 - Keuze beïnvloedt schakeling maar NIET de werking



Toestand	FF1	FF0
Dicht	0	0
Openen	0	1
Open	1	1
Sluiten	1	0

Toestandsdiagram Koffiepadmachine

- Welke sensoren?
- Welke actuatoren?



Sequentiële schakelingen

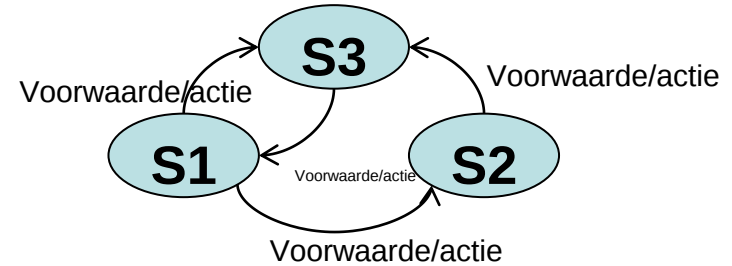
- Uitgang afhankelijk van huidige ingang EN vorige uitgang
- Een “Toestand” bevat:
 - Alle benodigde informatie over het verleden om de huidige uitgang(en) te bepalen op basis van de huidige ingang(en).
 - Toestandsvariabelen, 1 of meerdere bits informatie opgeslagen in variabelen.

Beschrijven van sequentiële schakelingen

- Toestandstabel
 - Specificeer de volgende toestand (state) als functie van de huidige ingang en toestand.
 - Meerdere weergaven
- Toestand (transitie) diagram / State Transition Diagram (STD)
 - Grafische versie van een 'toestandstabel'

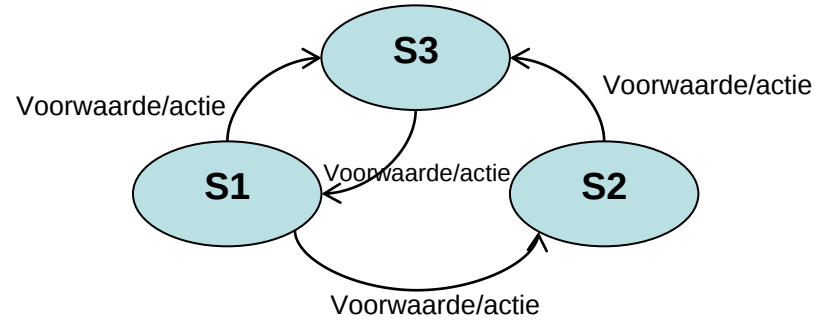
State Transition Diagram (STD)

- Twee soorten systemen:
 - Twee typen STD's met een aantal overeenkomsten.
- Twee elementen:
 - Alle mogelijke *toestanden* van een systeem.
 - Alle mogelijke *overgangen* tussen de toestanden.
- Een *toestand* wordt weergegeven met een *ovaal* en bijbehorende naam.
- Een *overgang* wordt weergegeven met een *pijl* en de bijbehorende *voorwaarde*.
- Afhankelijk van het type STD hoort de uit te voeren actie bij de pijl of bij de toestand.

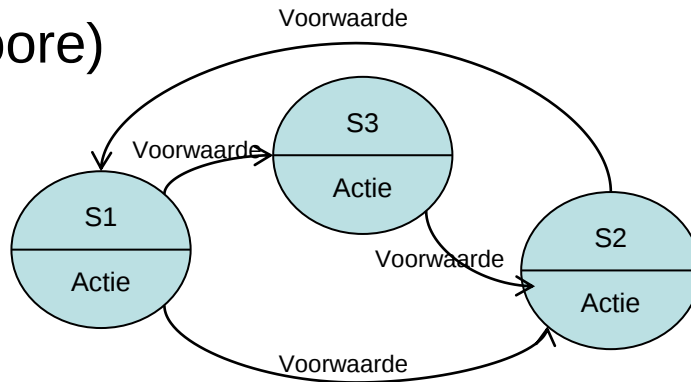


Voorbeeld

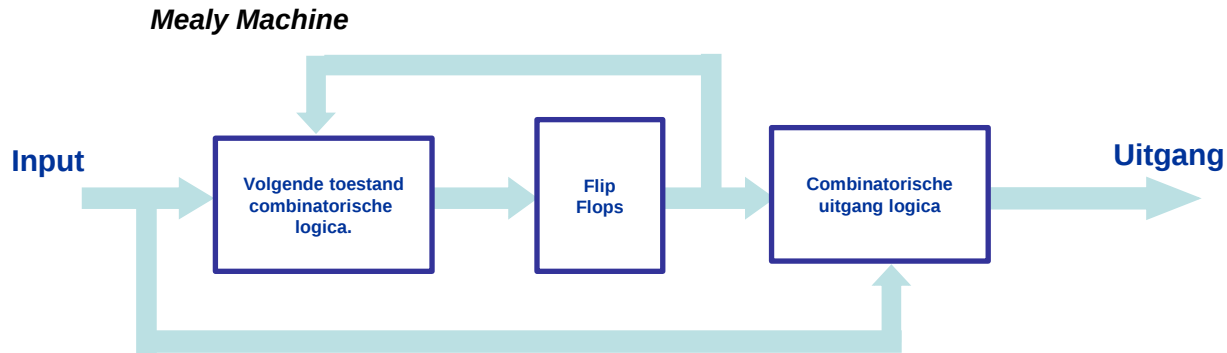
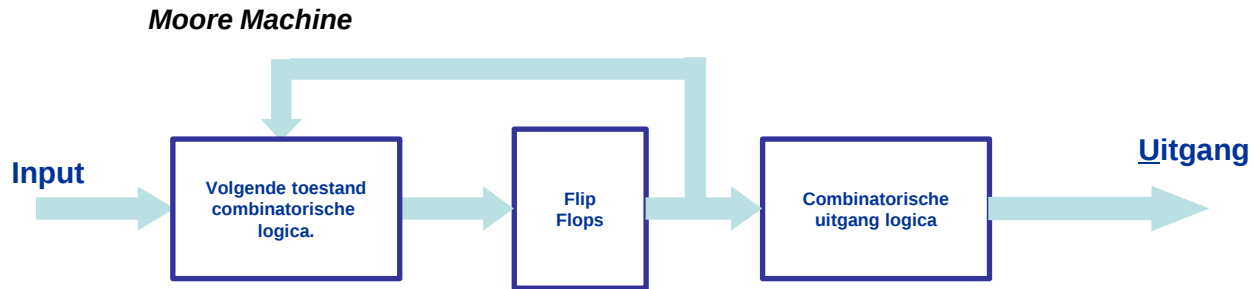
Type 1 (Mealy)



Type 2 (Moore)



Mealy en Moore Machines

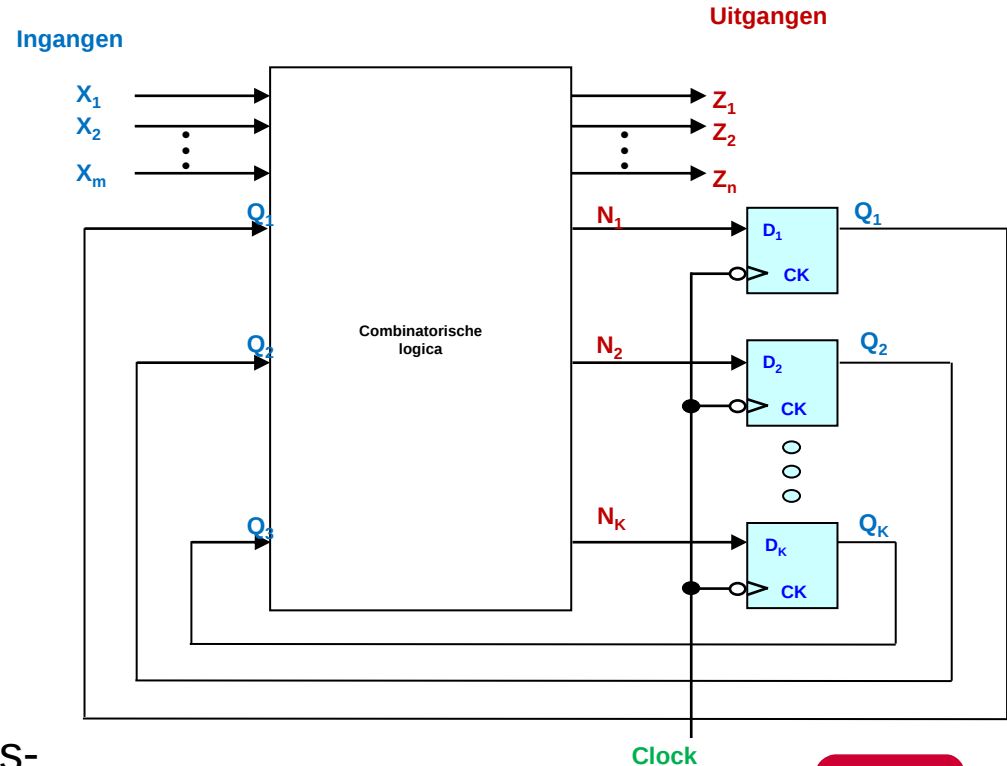


Algemeen model van een State Machine

- Afspraken:

- Ingangen state machine:
 X_n ($n = 0, 1, 2, \dots, m$)
- Uitgangen state machine:
 Z_n
- Ingang voor flipflops:
 N_n
- Uitgang voor toestandsbepalende logica:

- Uitgangen van de flipflops zijn ingangen voor toestandsbepalende logica
- Doel: Ontwerpen van de toestandsbepalende logica

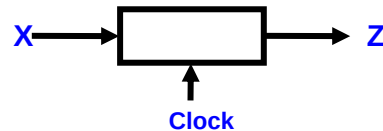


Ontwerpen van de toestandbepalende logica

- Stappen
 1. Maak diagram
 2. Kies toestanden $\leftrightarrow$ flip-flop waarden
 3. Ontwerp combinatorische deel
 - a. Ingangen van het systeem (X)
 - b. Uitgang(en) van de logica vormt ingang(en) van de flip-flop(s) (N)
 - c. Uitgang(en) van de flip-flop(s) vormt ingang(en) van de logica (Q)
 - d. Uitgangen van het systeem (Z)
 4. Maak waarheidstabel toestandsbepalende logica
 - a. Ingangen X en Q
 - b. Uitgangen Z en N

$$(Z_0, Z_1, Z_2 \dots Z_n, N_0, N_1, N_2 \dots N_n) = F(X_0, X_1, X_2 \dots X_n, Q_0, Q_1, Q_2 \dots Q_n)$$

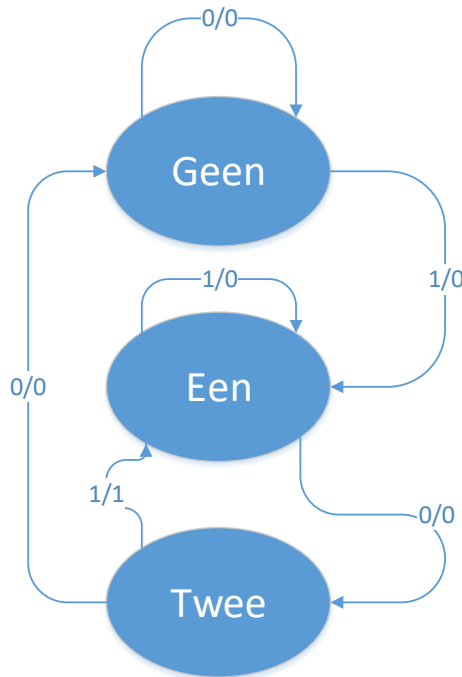
Ontwerp een sequentie detector met behulp van een Mealy STD



X = 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0
Z = 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0

- Requirement sequentiedetector: Uitgang Z moet '1' worden wanneer de laatste 3 waarden van ingang X '101' waren.

Mealy sequentie detector STD



Sequentie om te detecteren: 101

Toestand “Geen”:

We hebben geen cijfer van de sequentie ontvangen

Toestand “Een”:

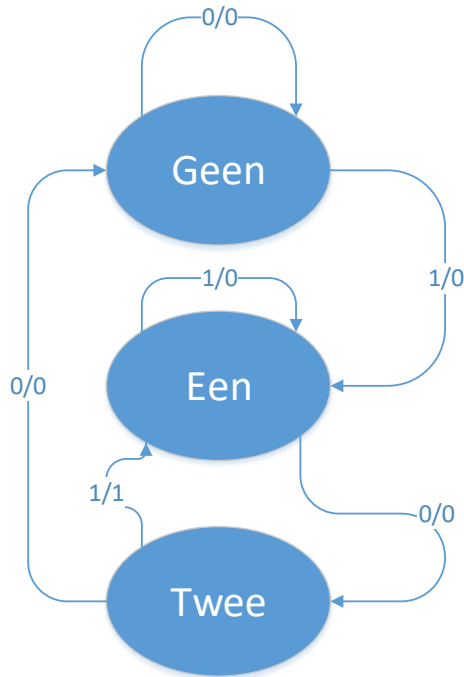
We hebben het eerste (of derde) cijfer van de sequentie ontvangen

Toestand “Twee”:

We hebben twee correcte cijfers ontvangen

Mealy sequentie detector

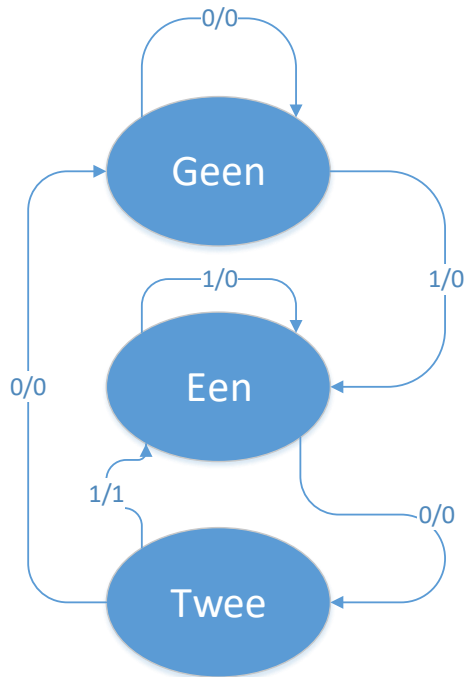
Toestandstabel en code



Huidige toestand	X	Volgende toestand	Z
Geen	0	Geen	0
Geen	1	Een	0
Een	0	Twee	0
Een	1	Een	0
Twee	0	Geen	0
Twee	1	Een	1

Mealy sequentie detector

Toestandstabel en code

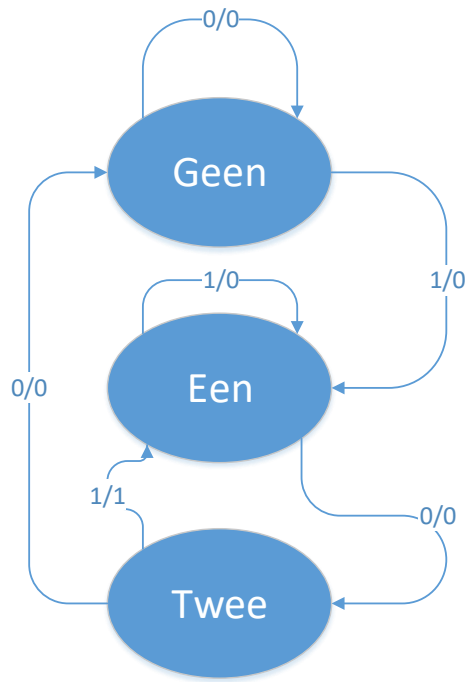


Huidige toestand	X	Volgende toestand	Z
Geen	0	Geen	0
Geen	1	Een	0
Een	0	Twee	0
Een	1	Een	0
Twee	0	Geen	0
Twee	1	Een	1

Toestand	Code <i>FF1 FF0</i>	
Geen	0	0
Een	0	1
Twee	1	0

Mealy sequentie detector

Toestandstabel en code

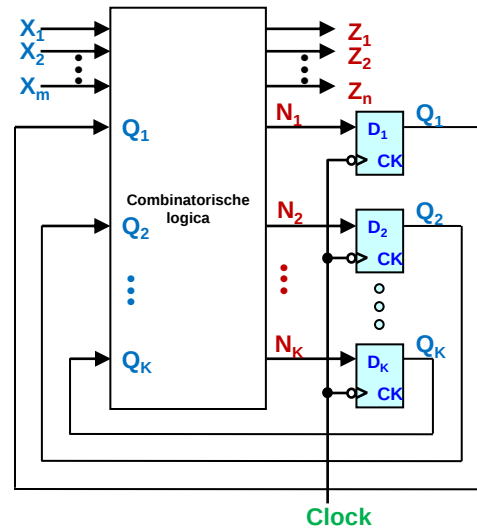


Huidige toestand		X	Volgende toestand		Z
Q1	Q0		N1	N0	
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1

Huidige toestand	X	Volgende toestand	Z
Geen	0	Geen	0
Geen	1	Een	0
Een	0	Twee	0
Een	1	Een	0
Twee	0	Geen	0
Twee	1	Een	1

Toestand	Code	
	FF1	FF0
Geen	0	0
Een	0	1
Twee	1	0

Algemeen model van een State Machine



Bepalen van de schakeling

$Q_1 Q_0$

	X	
	0	1
00		
01		
11	X	X
10		1

$$Z = Q_1 X$$

$Q_1 Q_0$

	X	
	0	1
00		1
01		1
11	X	X
10		1

$$N_0 = X$$

$Q_1 Q_0$

	X	
	0	1
00		
01	1	
11	X	X
10		

$$N_1 = Q_0 \bar{X}$$

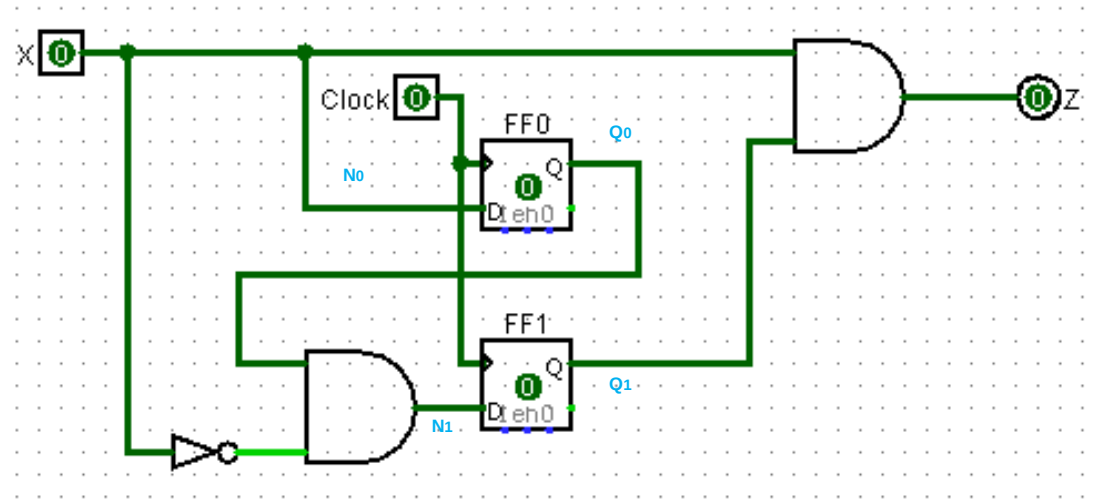
Huidige state		X	Volgende state		Z
Q_1	Q_0		N_1	N_0	
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1

Mealy sequential detectie Circuit

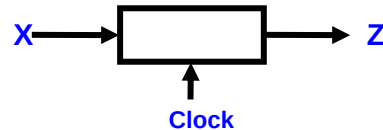
$$Z = Q_1 X$$

$$N_0 = X$$

$$N_1 = Q_0 \bar{X}$$



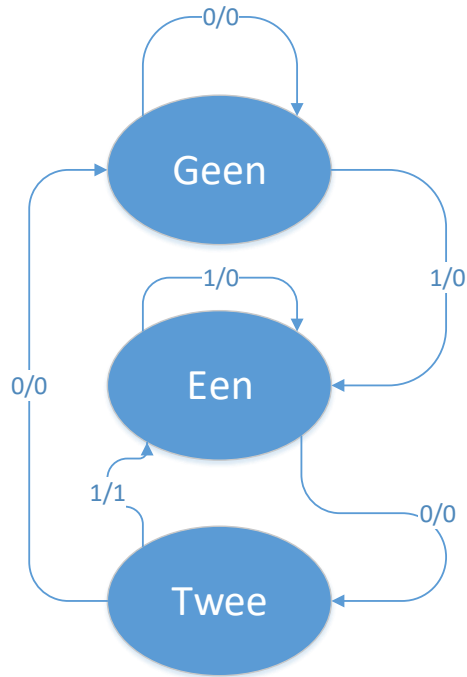
Ontwerp een sequentie detector met behulp van een Moore STD



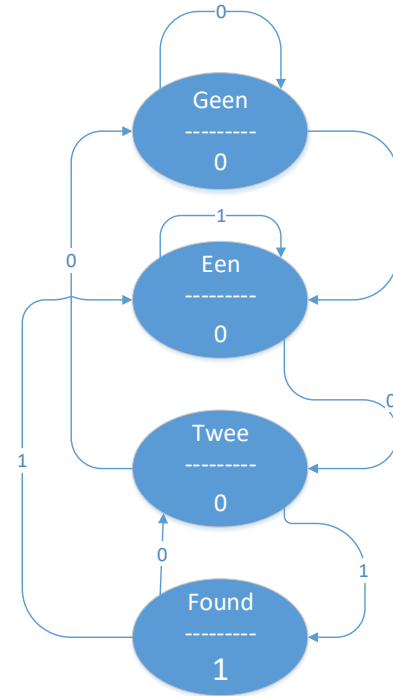
X = 0 0 1 **1** 0 **1** 1 0 0 **1** 0 **1** 0 **1** 0 **1** 0 0
Z = 0 0 0 0 0 **1** 0 0 0 0 0 **1** 0 **1** 0 **1** 0 0

- Requirement sequentiedetector: Uitgang **Z** moet '1' worden wanneer de laatste 3 waarden van ingang **X** '**101**' waren.

Mealy versus Moore Sequence Detector STD

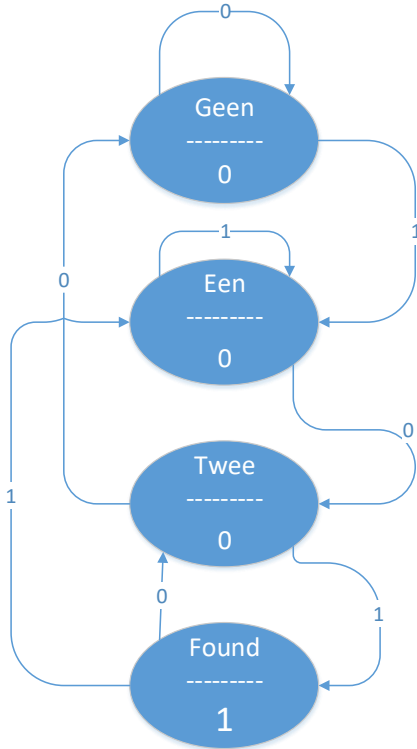


Mealy State Transition Diagram



Moore State Transition Diagram

Moore sequentie detector toestandstabel en code



Moore state transition Diagram

Huidige	X	Volgende	Z
Geen	0	Geen	0
Geen	1	Een	0
Een	0	Twee	0
Een	1	Een	0
Twee	0	Geen	0
Twee	1	Found	0
Found	0	Twee	1
Found	1	Een	1

State	Code <i>FF1 FF0</i>	
Geen	0	0
Een	0	1
Twee	1	0
Found	1	1

Bepalen van de schakeling

	X	
	0	1
$Q_1 Q_0$		
00		
01		
11	1	1
10		
$Z = Q_1 Q_0$		

	X	
	0	1
$Q_1 Q_0$		
00		
01		1
11		1
10		1
$N_0 = X$		

	X	
	0	1
$Q_1 Q_0$		
00		
01	1	
11	1	
10		1
$N_1 = Q_0 \bar{X} + Q_1 \bar{Q}_0 X$		

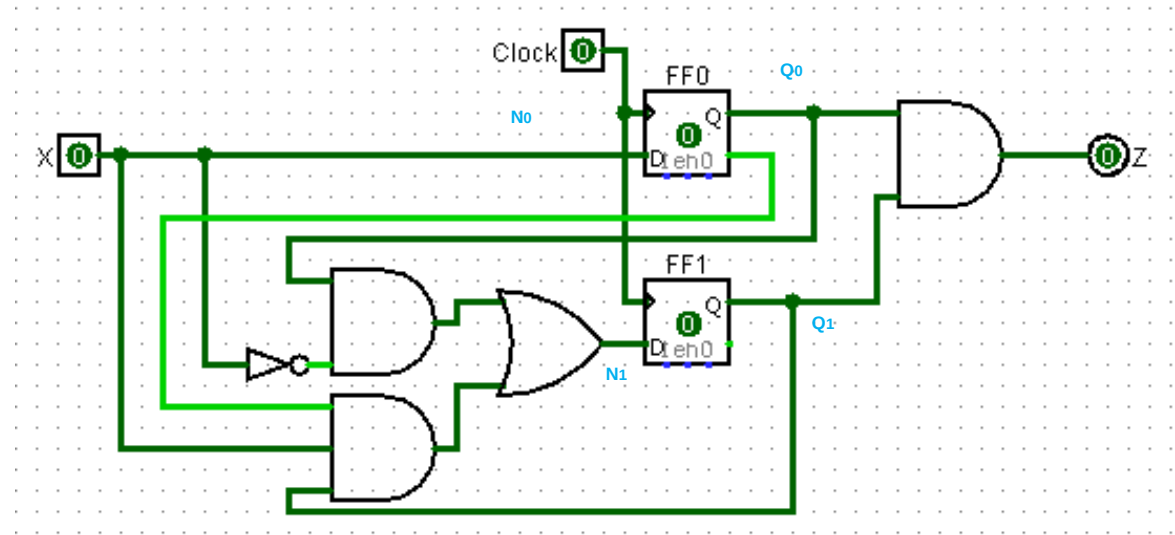
Huidige state		X	Volgende state		Z
Q_1	Q_0		N_1	N_0	
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	0
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	1

Moore sequentie detector

$$Z = Q_1 Q_0$$

$$N_0 = X$$

$$N_1 = Q_0 \bar{X} + Q_1 \bar{Q_0} X$$



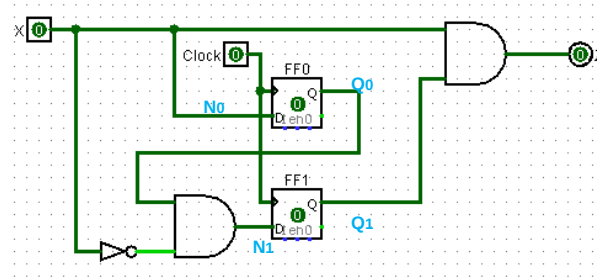
Mealy versus Moore sequentie detector

Mealy:

$$Z = Q_1 X$$

$$N_0 = X$$

$$N_1 = Q_0 \bar{X}$$

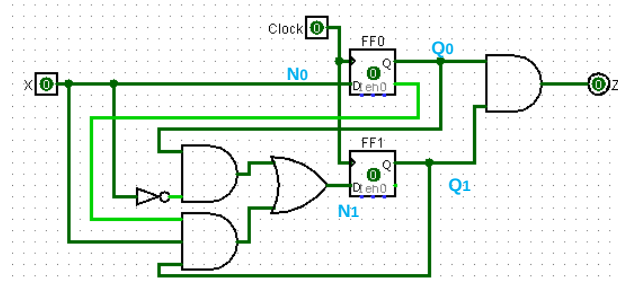


Moore:

$$Z = Q_1 Q_0$$

$$N_0 = X$$

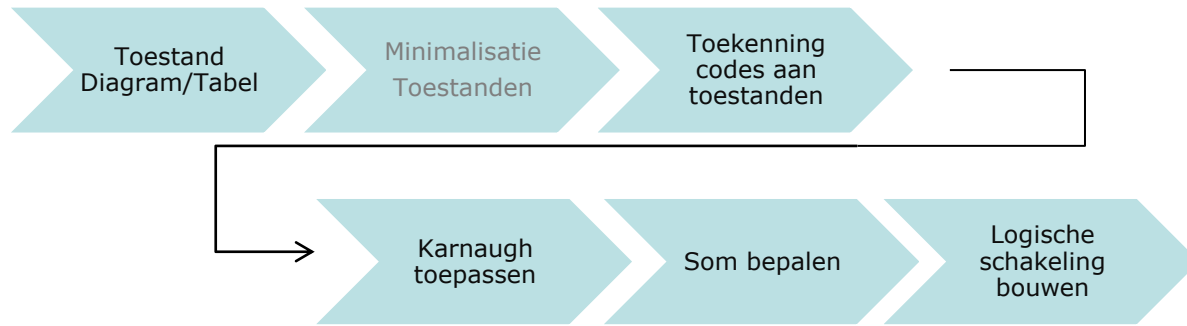
$$N_1 = Q_0 \bar{X} + Q_1 \bar{Q}_0 X$$



Conclusie

- Mealy
 - Vaak minder toestanden en dus flip-flops
 - Uitgang asynchroon
 - Meer minimalisatie mogelijk
- Moore
 - Vaak meer toestanden
 - Uitgang is synchroon met de klok
 - Iets simpeler te ontwerpen

Design flow



Meer informatie Flipflops en STD's:

Meer informatie over latches, flipflops en STD's:

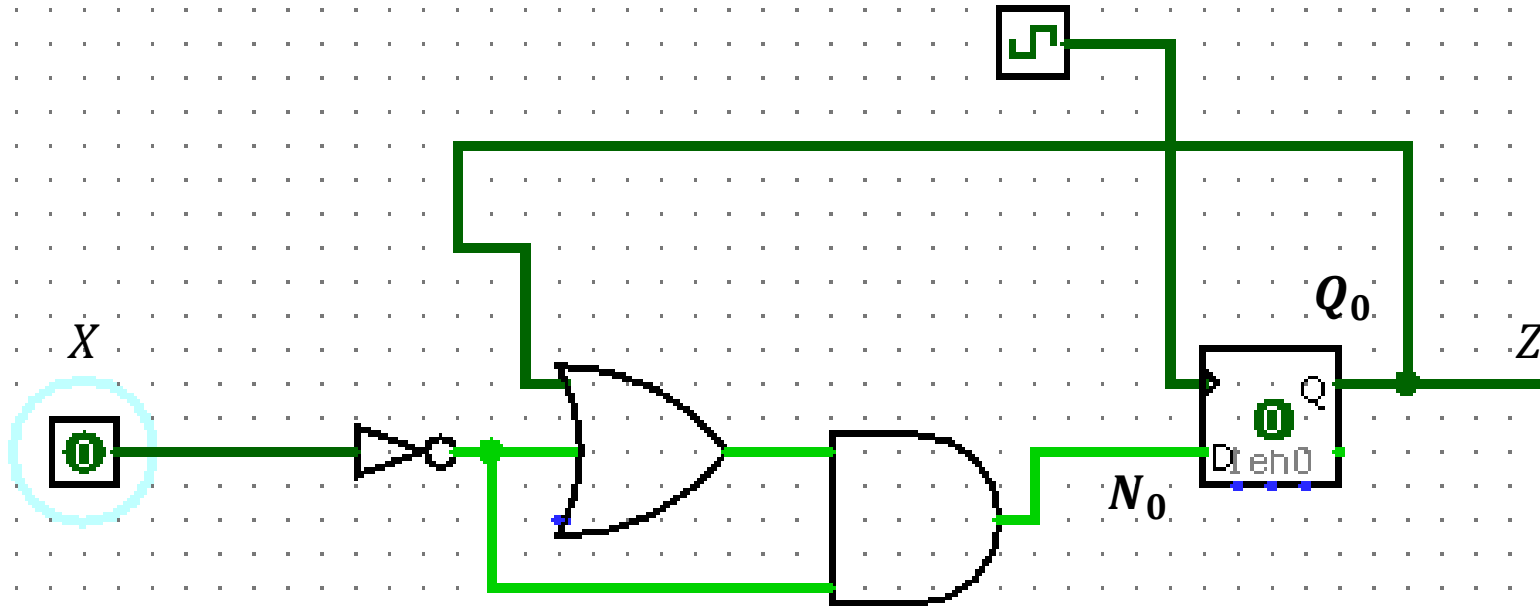
“Lessons In Electric Circuits Volume IV – Digital”

by Tony R. Kuphaldt

- Te vinden op de netwerkschijf

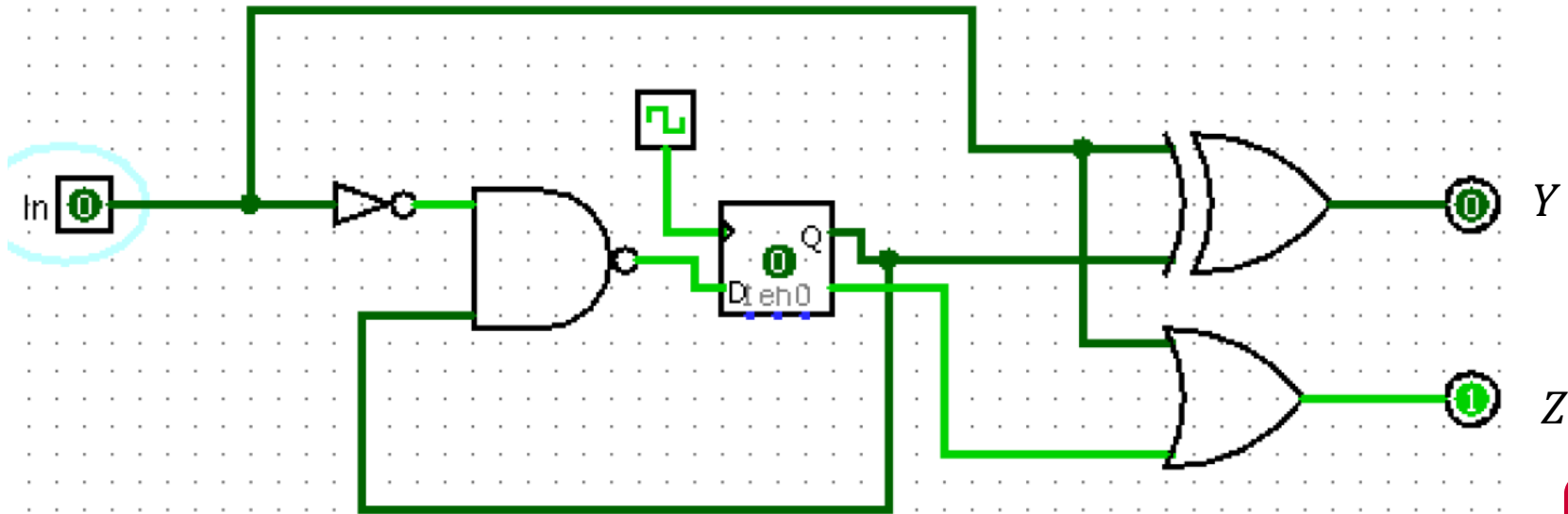
Oefening:

- Wat is het STD van de onderstaande schakeling?
Is het een Mealy of Moore machine?



Oefening:

- Wat is het STD van de onderstaande schakeling?
Is het een Mealy of Moore machine?



- Ontwerp een Moore STD, tabel en schakeling van een '1011' detector.

Oefening (Uit HT 2014):

- Ontwerp een sequentiële schakeling op basis van D-FlipFlops welke aan de volgende eisen voldoet.
 - De schakeling heeft twee ingangen (AAN en SNEL).
 - De schakeling heeft twee uitgangen (U0, U1).
 - Wanneer AAN=1 moet de schakeling binair optellen aan de uitgang (0 t/m 3 en bij een overflow verder vanaf 0).
 - Wanneer SNEL=1 moet de schakeling bij het tellen elk ander getal overslaan (dus 0-2-0-... OF 1-3-1-....).
 - Wanneer AAN=0 staat het systeem uit en blijft de uitgang 0 onafhankelijk van SNEL.

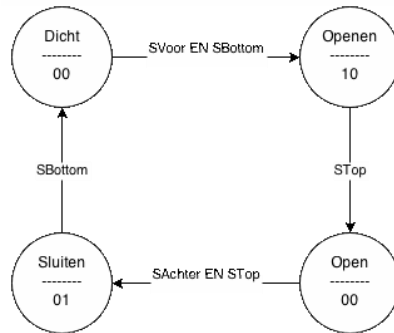
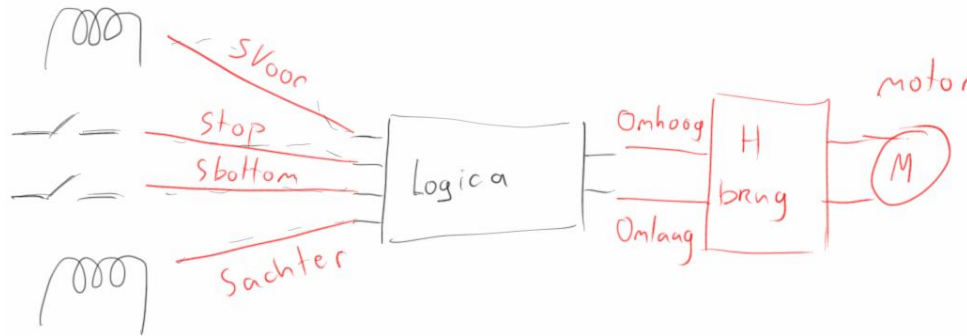
Oefening:

- Maak een STD met:
 - Ingang A en uitgang Y
 - Y moet 1 worden wanneer de laatste twee kloktikken A hetzelfde is gebleven (of 00 of 11) dus $A_{n-1} = A_n$



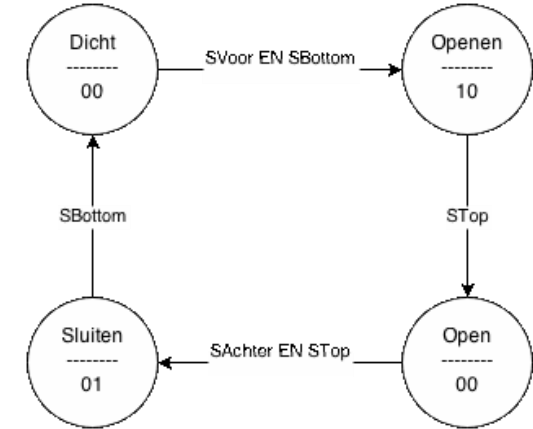
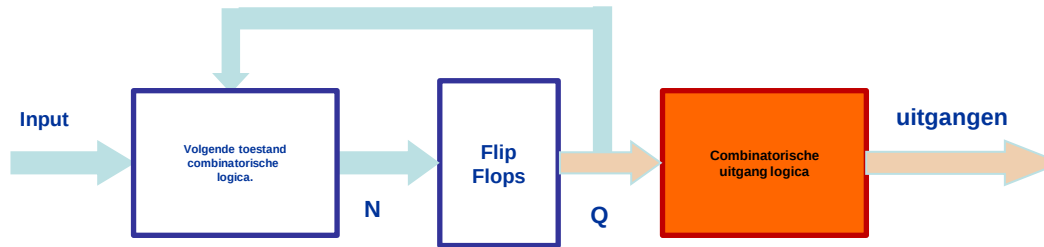
overtref jezelf

Zelfstudie: Uitwerking slagboom schakeling



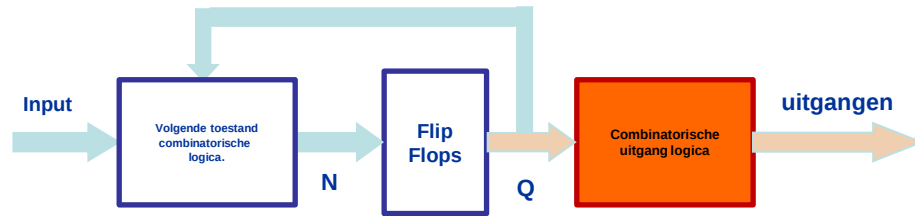
Toestand	Beschrijving
Dicht	Beide uitgangen 0 (boom staat stil)
Openen	Uitgang boom omhoog aan, andere uit
Open	Beide uitgangen 0 (boom staat stil)
Sluiten	Uitgang boom omlaag aan, andere uit

Uitgangen

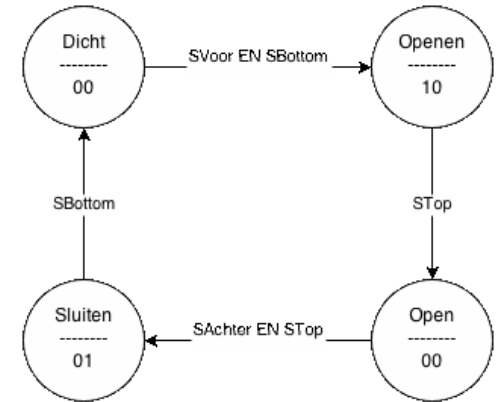


- Schakeling aan de uitgang heeft 2 ingangen en twee uitgangen
 - Ingangen zijn Q_1 en Q_0 (Uitgang van FF_1 en FF_0)
 - Uitgangen zijn motor omhoog (H) en motor omlaag (L).
- Welke combinatie van Q_1 en Q_0 is welke toestand?
 - Kiezen aan het begin
 - Met deze kennis kan een toestandstabel worden vastgesteld voor de uitgangsschakeling

Uitgangen

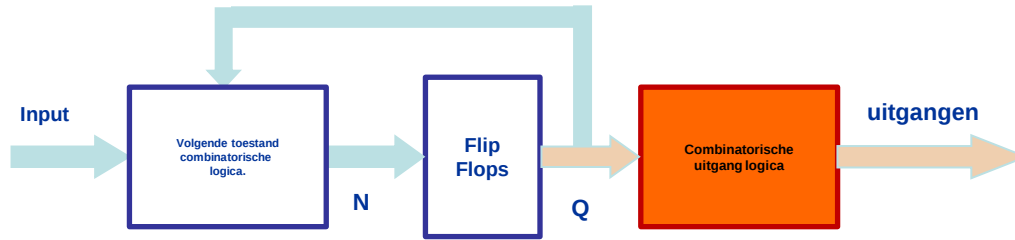


- Schakeling aan de uitgang heeft 2 ingangen en twee uitgangen
 - Ingangen zijn Q_1 en Q_0 (Uitgang van FF_1 en FF_0)
 - Uitgangen zijn motor omhoog (H) en motor omlaag (L).
- Welke combinatie van Q_1 en Q_0 is welke toestand?
 - Kiezen aan het begin
 - Met deze kennis kan een toestandstabel worden vastgesteld voor de uitgangsschakeling

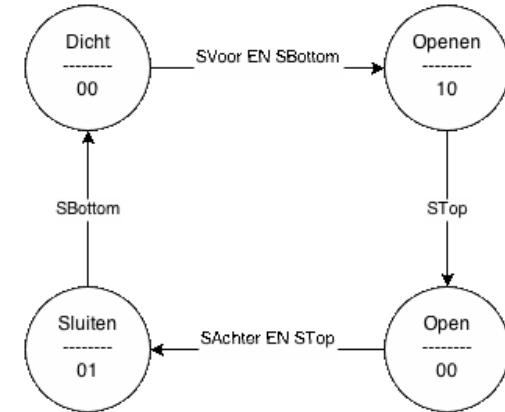


Toestand	FF_1	FF_0
Dicht	0	0
Openen	0	1
Open	1	1
Sluiten	1	0

Uitgangen



- Schakeling aan de uitgang heeft 2 ingangen en twee uitgangen
 - Ingangen zijn Q_1 en Q_0 (Uitgang van FF_1 en FF_0)
 - Uitgangen zijn motor omhoog (H) en motor omlaag (L).
- Welke combinatie van Q_1 en Q_0 is welke toestand?
 - Kiezen aan het begin
 - Met deze kennis kan een toestandstabel worden vastgesteld voor de uitgangsschakeling



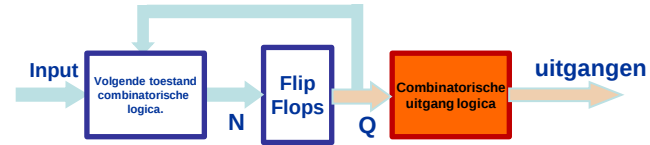
Toestand	FF_1	FF_0	Q_1	Q_0	H	L
Dicht	0	0	0	0	0	0
Openen	0	1	0	1	1	0
Open	1	1	1	1	0	0
Sluiten	1	0	1	0	0	1

Dus:

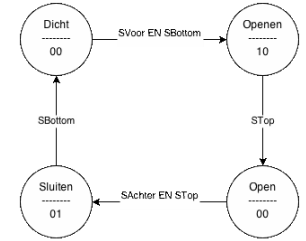
$H =$

$L =$

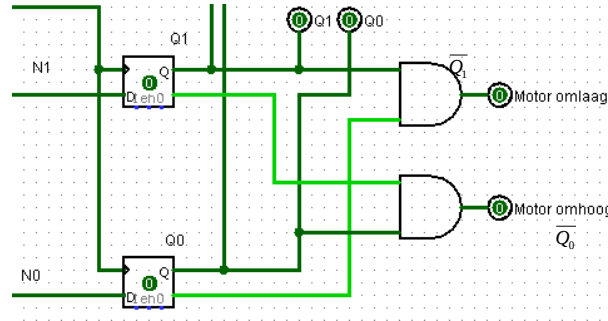
Uitgangen



Toestand	FF_1	FF_0
Dicht	0	0
Openen	0	1
Open	1	1
Sluiten	1	0



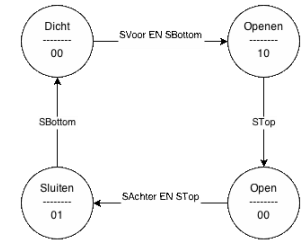
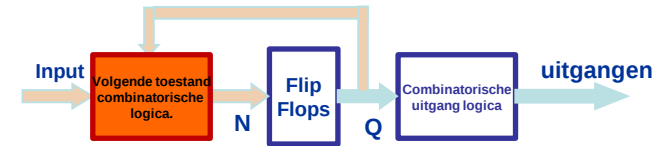
Q_1	Q_0	H	L
0	0	0	0
0	1	1	0
1	1	0	0
1	0	0	1



Dus
 $H = Q_1 Q_0$
 $L = Q_1 \overline{Q_0}$

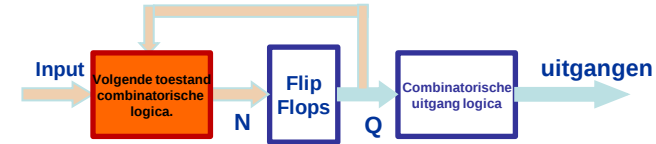
Ingangsschakeling

- Functie van deze schakeling ?

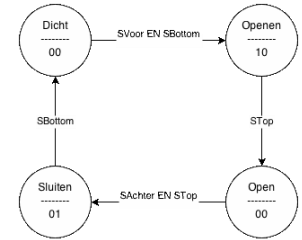


Toestand	FF_1	FF_0
Dicht	0	0
Openen	0	1
Open	1	1
Sluiten	1	0

Ingangsschakeling



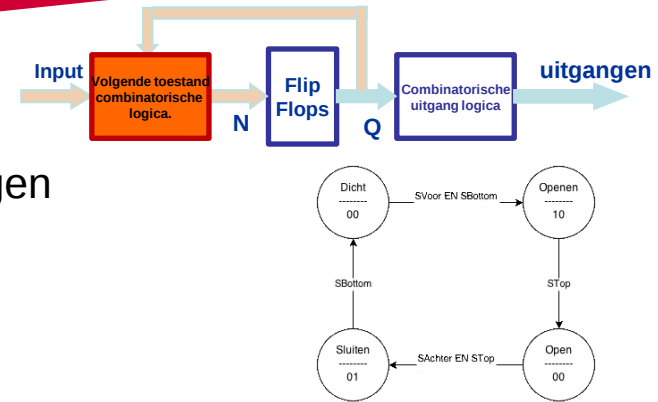
- Functie van deze schakeling ?
- Schakeling aan de ingang heeft 6 ingangen en twee uitgangen
 - Ingangen zijn ingang systeem + huidige toestand Q
 - Lus voor (V)
 - Lus achter (A)
 - Sensor top (T)
 - Sensor bottom (B)
 - Huidige toestand
 - Uitgang FF_1 (Q_1)
 - Uitgang FF_0 (Q_0)
 - Uitgangen zijn N_1 en N_0 (Ingang van FF_1 en FF_0)



Toestand	FF_1	FF_0
Dicht	0	0
Openen	0	1
Open	1	1
Sluiten	1	0

Ingangsschakeling

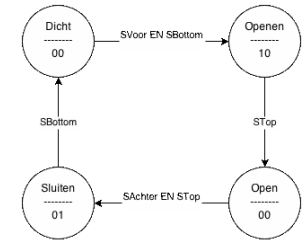
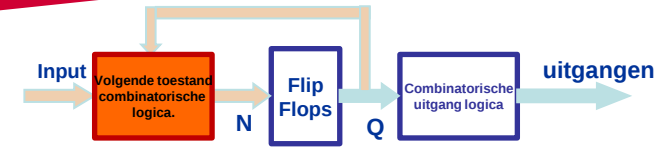
- Functie van deze schakeling ?
- Schakeling aan de ingang heeft 6 ingangen en twee uitgangen
 - Ingangen zijn ingang systeem + huidige toestand Q
 - Lus voor (V)
 - Lus achter (A)
 - Sensor top (T)
 - Sensor bottom (B)
 - Huidige toestand
 - Uitgang FF_1 (Q_1)
 - Uitgang FF_0 (Q_0)
 - Uitgangen zijn N_1 en N_0 (Ingang van FF_1 en FF_0)
- Combinatie van Q_1 en Q_0 is reeds gekozen
 - Om Q aan te kunnen passen, moet N aangepast worden
 - Eerst volgende klok-flank wordt dit de nieuwe Q



Toestand	FF_1	FF_0
Dicht	0	0
Openen	0	1
Open	1	1
Sluiten	1	0

Ingangsschakeling

- Functie van deze schakeling ?
- Schakeling aan de ingang heeft 6 ingangen en twee uitgangen
 - Ingangen zijn ingang systeem + huidige toestand Q
 - Lus voor (V)
 - Lus achter (A)
 - Sensor top (T)
 - Sensor bottom (B)
 - Huidige toestand
 - Uitgang FF_1 (Q_1)
 - Uitgang FF_0 (Q_0)
 - Uitgangen zijn N_1 en N_0 (Ingang van FF_1 en FF_0)
- Combinatie van Q_1 en Q_0 is reeds gekozen
 - Om Q aan te kunnen passen, moet N aangepast worden
 - Eerst volgende klok-flank wordt dit de nieuwe Q
- Waarheidstabel
 - Hoeveel mogelijke ingangssituaties? Wat nu...



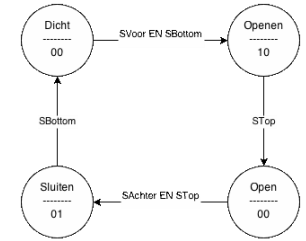
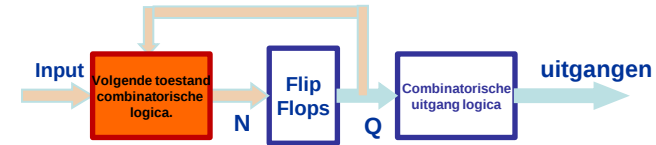
Toestand	FF_1	FF_0
Dicht	0	0
Openen	0	1
Open	1	1
Sluiten	1	0

Ingangsschakeling

Waarheidstabel

- Hoeveel mogelijke ingangssituaties?
- Wat nu...
 - Enkel ingangssituatie beschrijven welke leidt tot overgang
 - Elke andere situatie willen we in dezelfde toestand blijven ($N = Q$)
- Volgende stap
 - Formule uitgang vaststellen
 - pos/sop en booleaanse algebra om te minimaliseren OF
 - ≤ 4 ingangen: Karnaugh
 - > 4 ingangen: Computer

Ingangen						Uit	
V	A	T	B	Q_1	Q_0	N_1	N_0
1	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	0
0	0	0	1	1	0	0	0



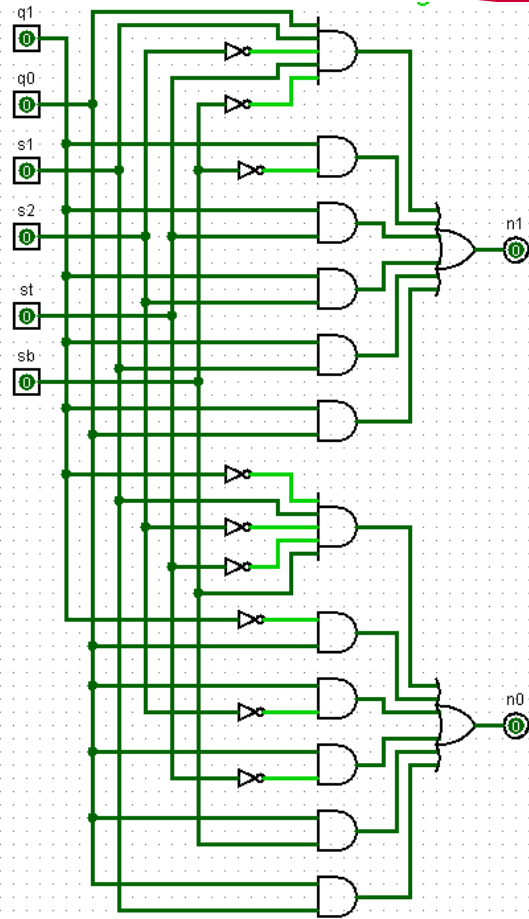
Toestand	FF_1	FF_0
Dicht	0	0
Openen	0	1
Open	1	1
Sluiten	1	0

Bepalen van de overgangen

q1	q0	s1	s2	st	sb	n1	n0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	1	0	1
0	1	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	1	0	0	1
0	1	0	1	1	1	0	1
0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1
0	1	1	0	1	0	1	1
0	1	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	0	0	0	1
0	1	1	1	0	1	0	1
0	1	1	1	1	0	0	1
0	1	1	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	1	0	0

Ingangen						Uit	
V	A	T	B	Q ₁	Q ₀	N ₁	N ₀
1	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	0
0	0	0	1	1	0	0	0

Bepalen nieuwe state



Output:

$$q0 s1 \overline{s2} \overline{st} \overline{sb} + q1 \overline{sb} + q1 st + q1 s2 + q1 s1 + q1 q0$$

Output:

$$\overline{q1} s1 \overline{s2} \overline{st} sb + \overline{q1} q0 + q0 \overline{s2} + q0 \overline{st} + q0 sb + q0 s1$$

Ingangen						Uit	
V	A	T	B	Q_1	Q_0	N_1	N_0
1	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	0
0	0	0	1	1	0	0	0

Nu koppelen aan het geheel

De totale schakeling

