

Digitale Technieken

Les 3: Ontwerpmethoden van logische schakelingen

Inhoud

Praktijk: origineel schema 'Pong'

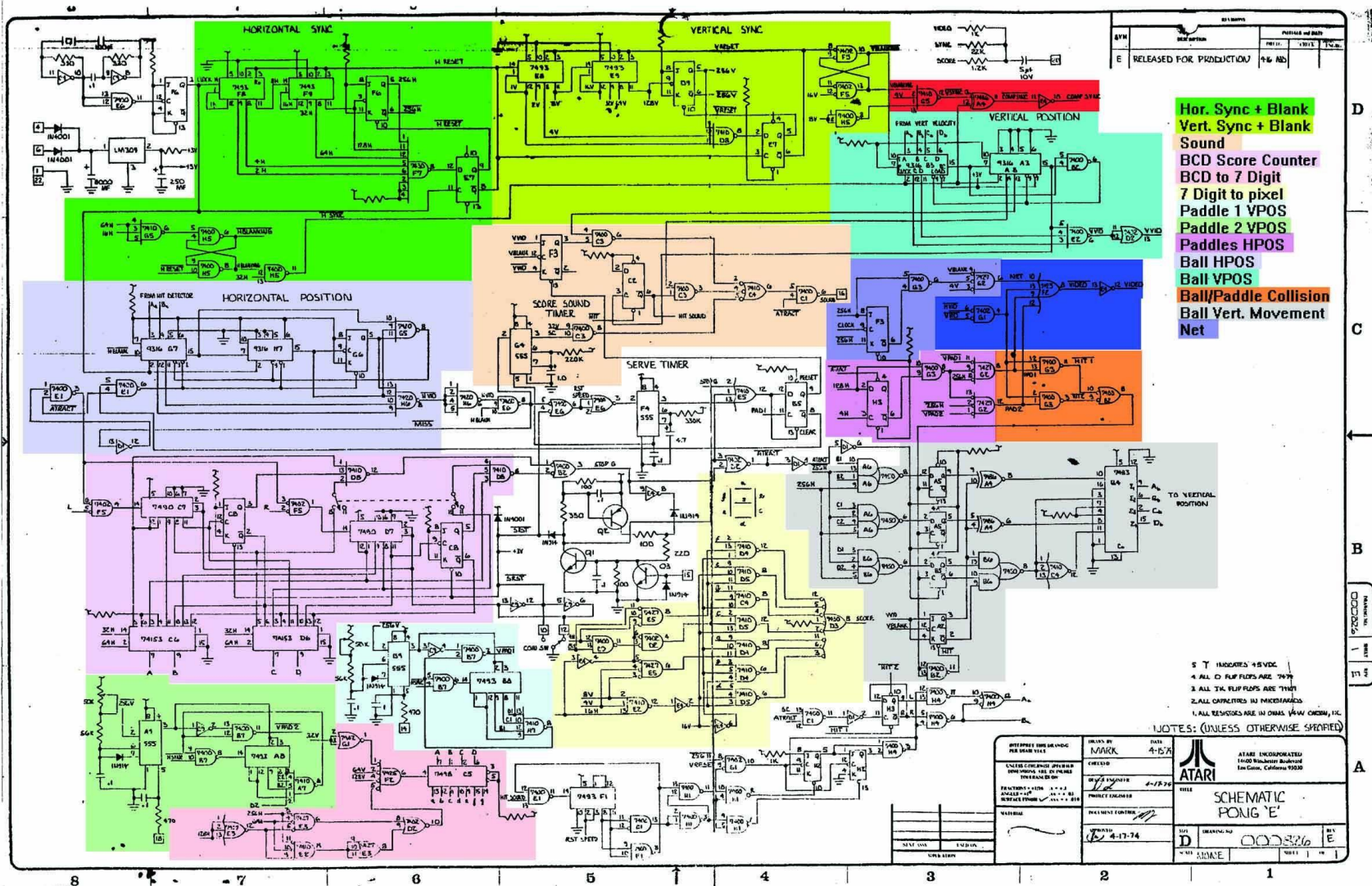
Standaard notaties van logische functies

- cursus p. 95 t.e.m. p. 101
- mintermen en Sum of Products (SoP)
- maxtermen en Product of Sums (PoS)
- standaardnotatie of canonieke vorm

Implementatie van logische functies

- compacte IEC-tekenwijze
- voorbeelden
- oefeningen

Origineel schema Atari 'Pong'



SoP: Sum of Products

# Dec	B	A	X	minterm
0	0	0		$\bar{A} . \bar{B}$
1	0	1		$A . \bar{B}$
2	1	0		$\bar{A} . B$
3	1	1		$A . B$

		A
	$\bar{A} . \bar{B}$	$A . \bar{B}$
B	$\bar{A} . B$	$A . B$

SoP: Voorbeeld *Sum of Products*

# Dec	B	A	X	minterm
0	0	0	0	$\bar{A} \cdot \bar{B}$
1	0	1	1	$A \cdot \bar{B}$
2	1	0	1	$\bar{A} \cdot B$
3	1	1	0	$A \cdot B$

		A
	0	1
B	1	0

$$X = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$$

SoP → "normaalkvorm" → opsomming waar 1 voor X

$$X = \sum m(1, 2)$$

↳ somterm

PoS: Product of Sums

# Dec	B	A	X	MAXTERM
0	0	0		$A + B$
1	0	1		$\bar{A} + B$
2	1	0		$A + \bar{B}$
3	1	1		$\bar{A} + \bar{B}$

		A
	$A + B$	$\bar{A} + B$
B	$A + \bar{B}$	$\bar{A} + \bar{B}$

PoS: Voorbeeld *Product of Sums*

# Dec	B	A	X	MAXTERM
0	0	0	0	$A + B$
1	0	1	1	$\bar{A} + B$
2	1	0	1	$A + \bar{B}$
3	1	1	0	$\bar{A} + \bar{B}$

		A
	0	1
B	1	0

$$X = (A + B) \cdot (\bar{A} + \bar{B}) = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$$

PoS → “alternatieve normaalvorm” → producten van maxtermen waar 0 voor X

$$X = \prod M(0, 3)$$

↳ productterm

Implementatie van logische functies

Een logische functie kan op vele manieren praktisch gerealiseerd worden:

- met fundamentele poortschakelingen
- met NAND-poorten
- met NOR-poorten
 - ↳ Eén uitvoering zal de eenvoudigste zijn!
- (met FPGA/VHDL → zie vervolg in 2^e jaar)

Doel:

- Vereenvoudiging van functies: minst aantal poorten, goedkoopste, kleinste oppervlakte op een print, ...
- Onbenutte poorten van een IC gebruiken

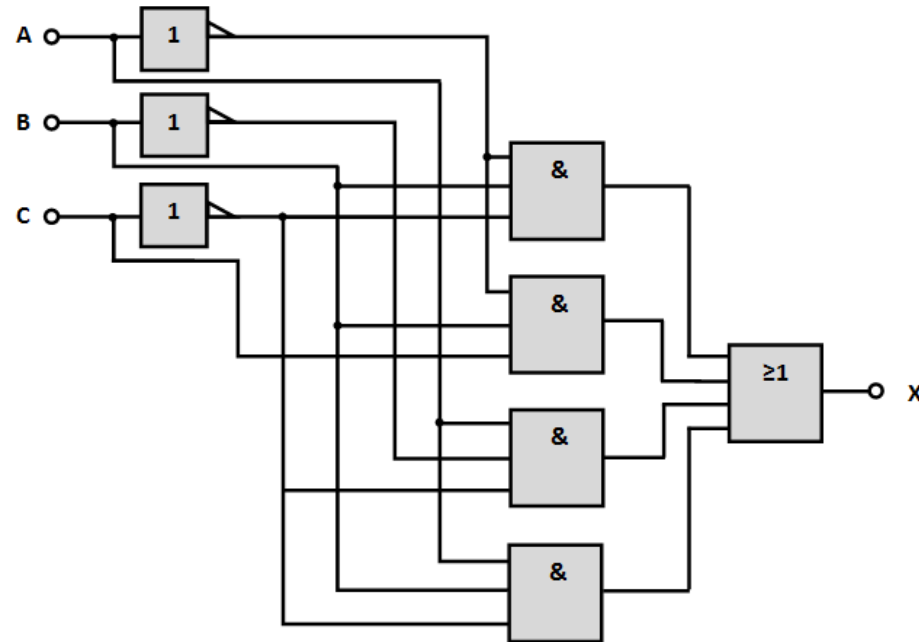
Opgelet:

Niet steeds toegepast ter voorkoming van *glitches* (= *ongewenste of onverwachte overgang*), looptijdverschillen, ... (zie labo en theorie later)

Implementatie van logische functies

Opgave 1: met fundamentele poortschakelingen
(individuele poorten)

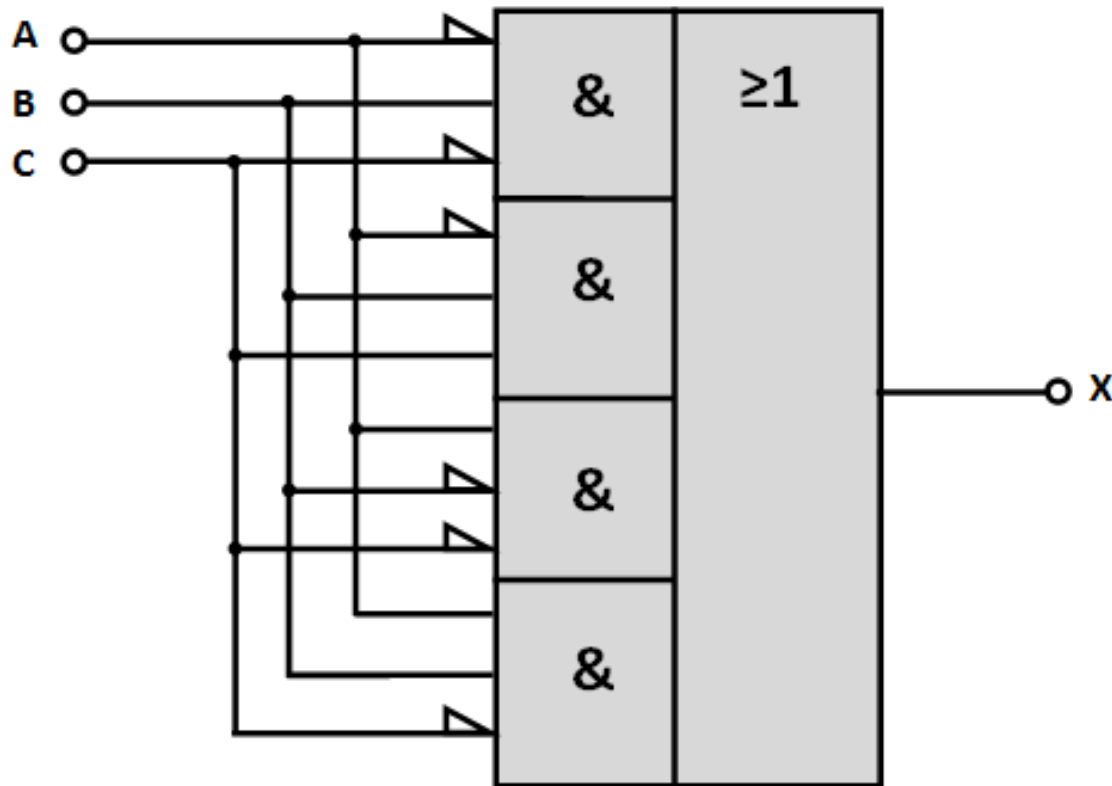
$$X = \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}BC + A\overline{B}\overline{C} + ABC$$



Implementatie van logische functies

$$X = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + ABC$$

Compacte IEC-tekenwijze:



Implementatie van logische functies

Vereenvoudigen?

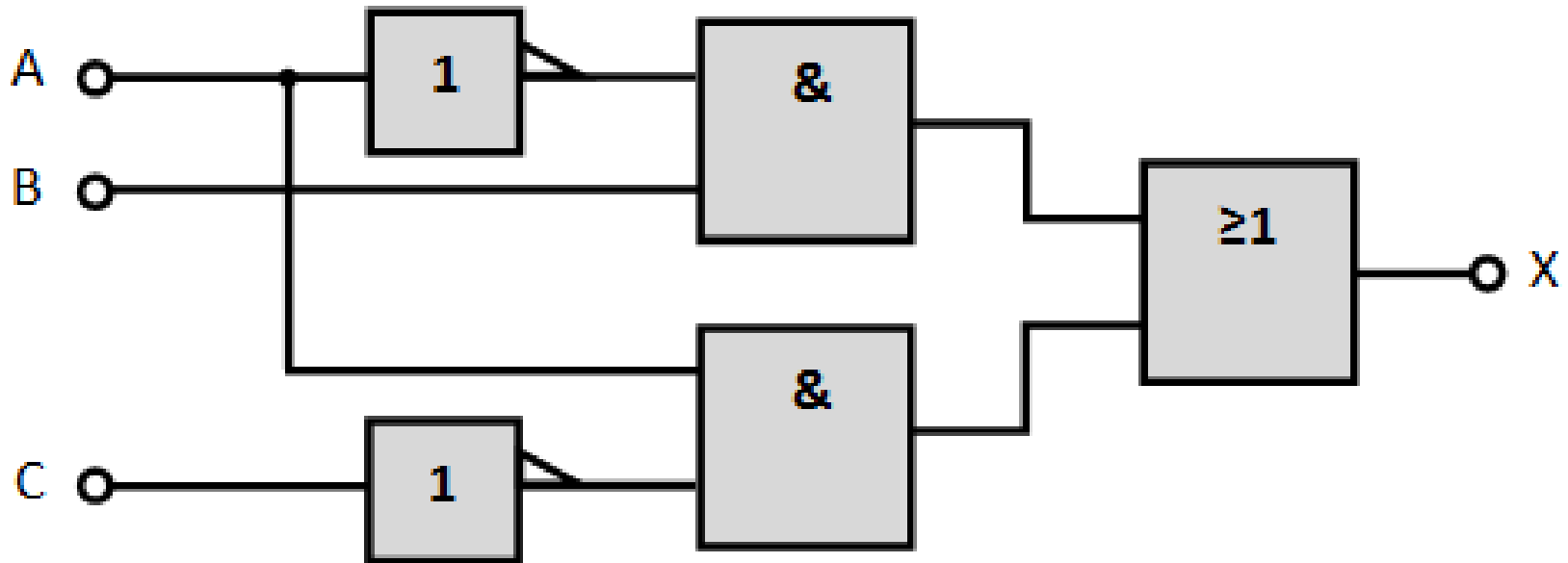
$$X = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}C$$

Implementatie van logische functies

$$\begin{aligned} X &= \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}\bar{C} + AB\bar{C} \\ &= \bar{A}B(\bar{C} + C) + A\bar{C}(\bar{B} + B) \\ &= \bar{A}B + A\bar{C} \end{aligned}$$

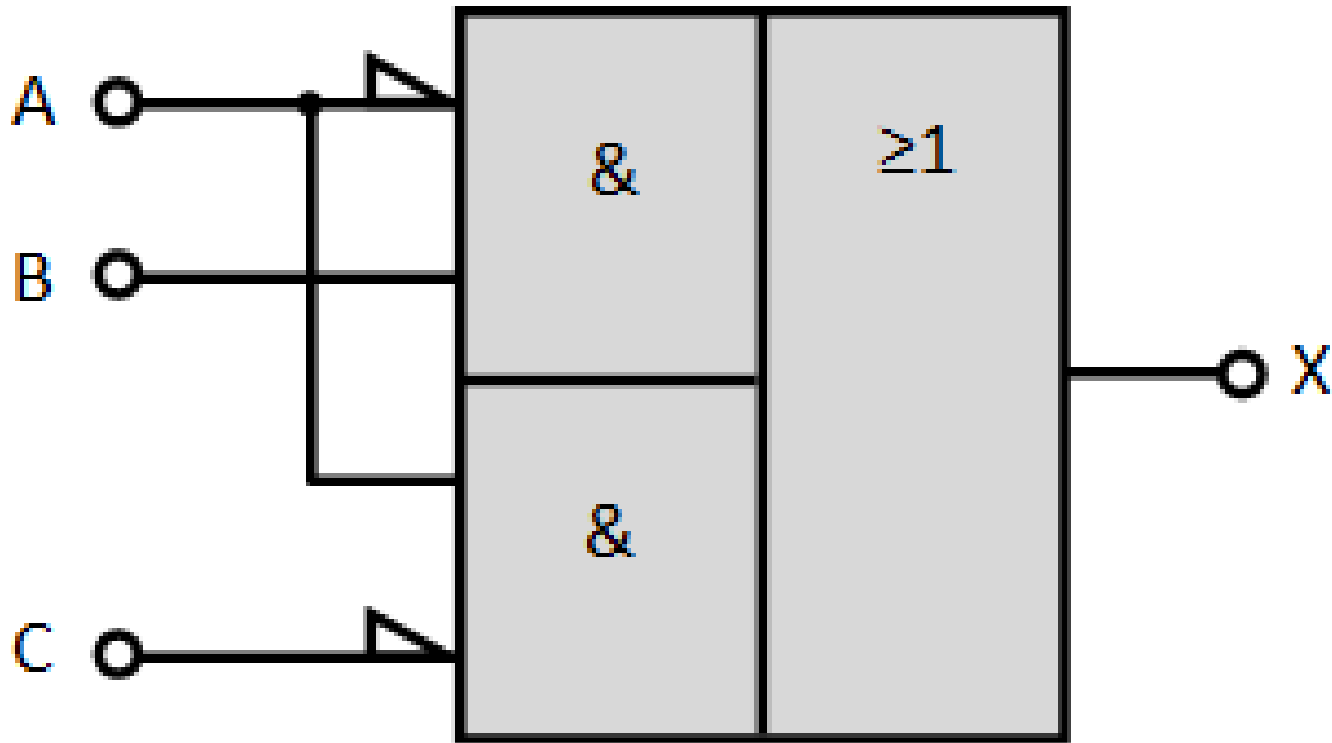
Implementatie van logische functies

$$X = \bar{A}B + A\bar{C}$$



Implementatie van logische functies

$$X = \bar{A}B + A\bar{C}$$



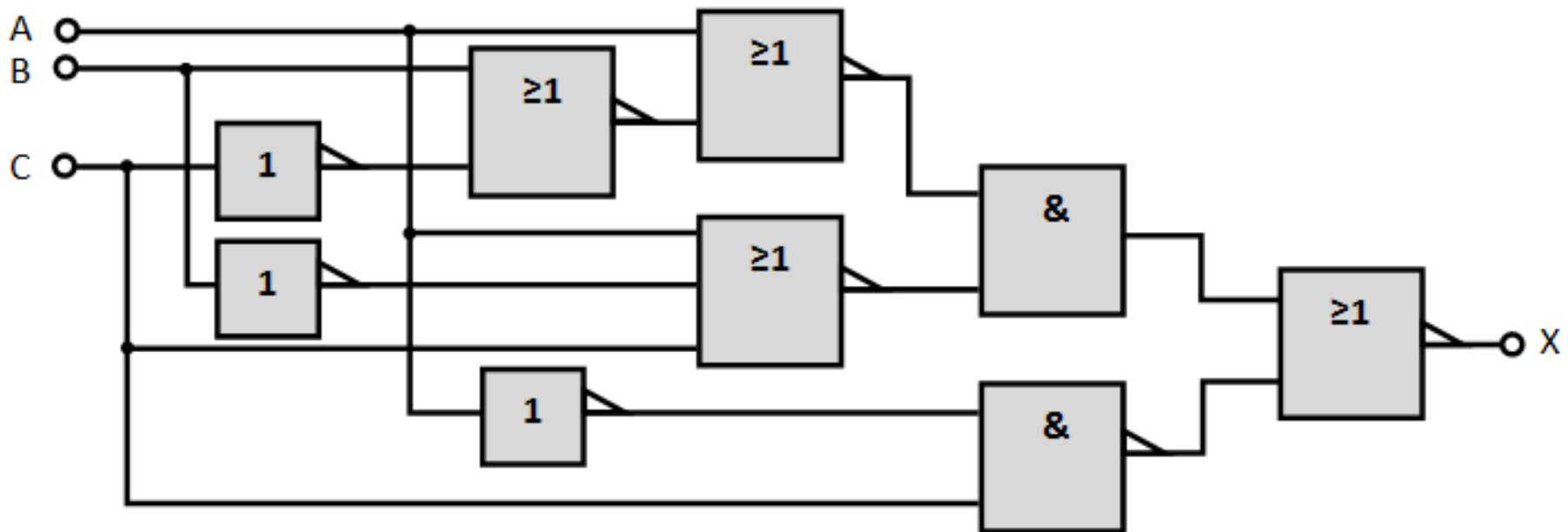
Implementatie van logische functies

Opgave 2: met fundamentele poortschakelingen

$$X = \overline{\overline{A + B + \overline{C}} \cdot \overline{A + \overline{B} + C} + \overline{A} \cdot C}$$

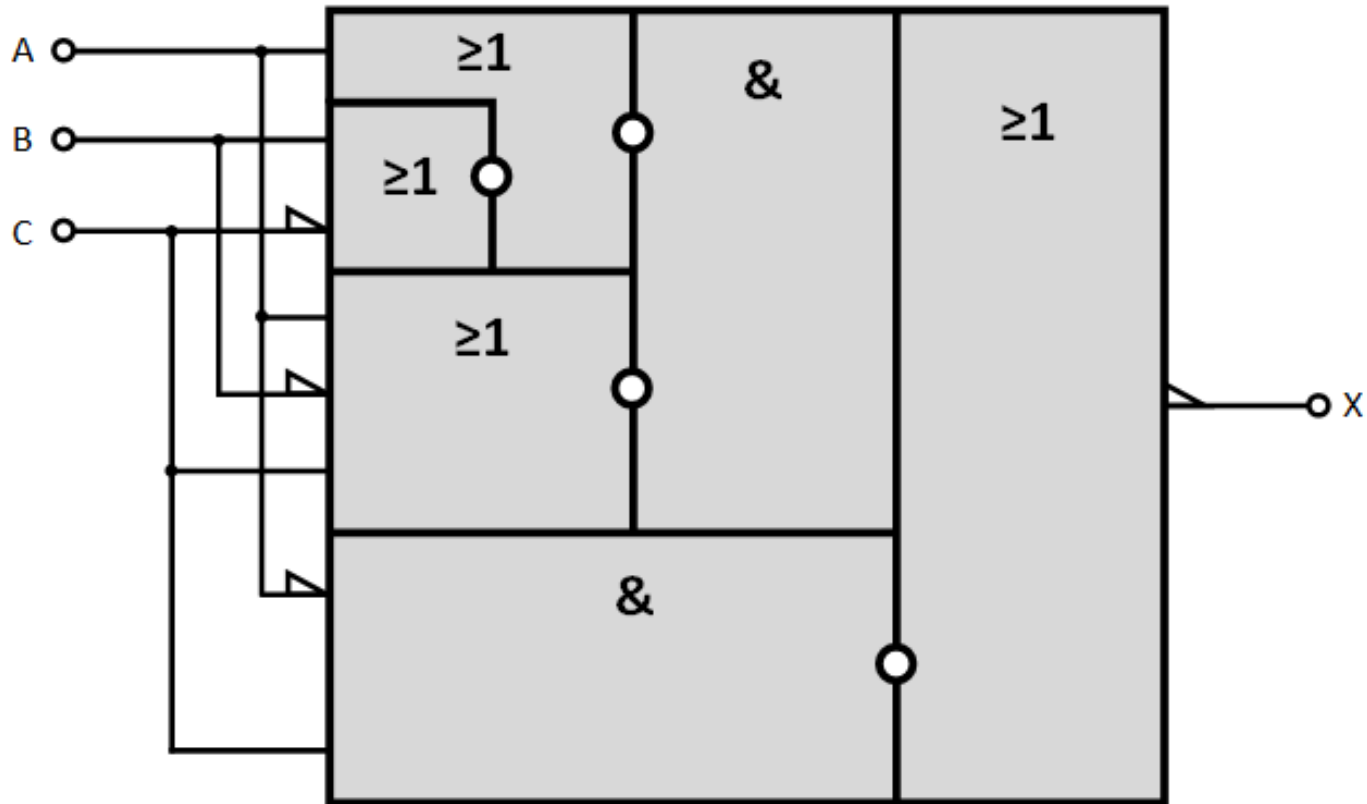
Implementatie van logische functies

$$X = \overline{\overline{A + B + \overline{C}} \cdot A + \overline{B + C + \overline{A}} \cdot C}$$



Implementatie van logische functies

$$X = \overline{\overline{A + B + \overline{C}}} \cdot \overline{\overline{A + \overline{B} + C}} + \overline{\overline{A}} \cdot C$$



Implementatie van logische functies

Opgave 3: met NAND-poorten

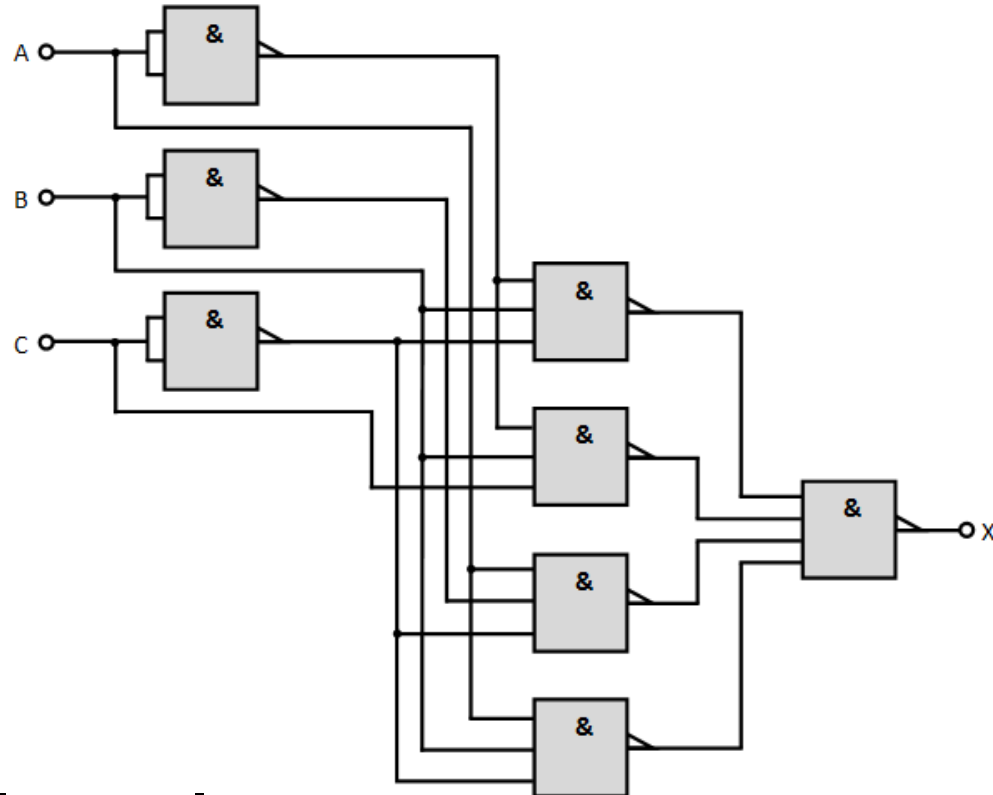
$$X = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + ABC$$

wordt

$$X = \overline{\bar{A}\bar{B}\bar{C} \cdot \bar{A}BC \cdot A\bar{B}\bar{C} \cdot ABC}$$

Met NAND

$$X = \overline{\overline{A}BC} \cdot \overline{A\overline{B}C} \cdot \overline{A\overline{B}\overline{C}} \cdot \overline{ABC}$$



Voordeel: allemaal NAND poorten!

Implementatie van logische functies

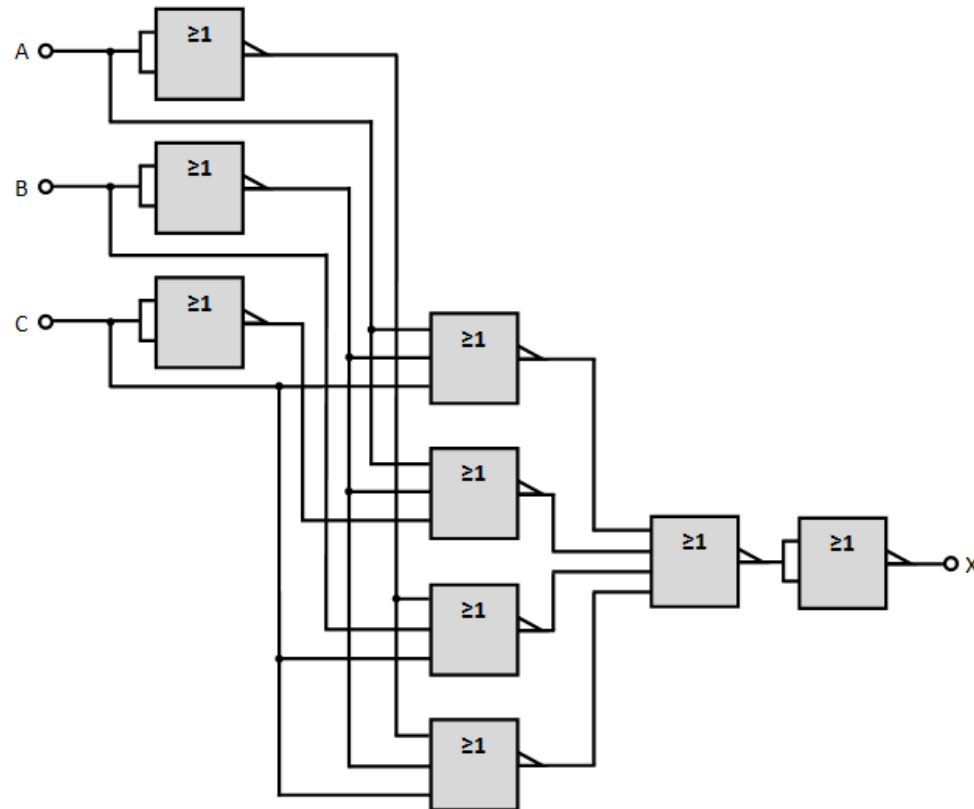
Opgave 4: opgave 3 met NOR-poorten

$$X = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}C$$

$$X = \overline{\overline{A + \bar{B} + C} + \overline{A + \bar{B} + \bar{C}} + \overline{\bar{A} + B + C} + \overline{\bar{A} + \bar{B} + C}}$$

Met NOR

$$X = \overline{A + \overline{B} + C} + \overline{A + \overline{B} + \overline{C}} + \overline{\overline{A} + B + C} + \overline{\overline{A} + \overline{B} + C}$$



Voordeel: allemaal NOR poorten!

Oefeningen implementatie

- 1) Implementeer de volgende vergelijking met uitsluitend NAND-poorten. Teken ook het poortschema bij elke oplossing.**

$$X = (\bar{A} + B\bar{C}).D$$

TIP: je kan dit op twee manieren doen (doe beiden en vergelijk):

- a) Werk eerst alle OF-functies weg
- b) Werk de functie eerst uit; haakjes wegwerken (= distributiewet toepassen) en dan alle OF-functies wegwerken

- 2) Implementeer de vorige vergelijking met uitsluitend NOR-poorten. Teken ook het poortschema bij elke oplossing.**

TIP: je kan dit opnieuw op twee manieren doen (doe beiden en vergelijk)!