

## Digitaal is een magisch woord

Hieronder leest u over digitale logica. De theorie en de praktijk. Dit werk moet nog uitgebreid worden met meer informatie over TTL, CMOS en varianten. Daarnaast kunnen de schema's naar Europese normen hertekend worden. Ik werkte hier met Amerikaanse software. Aangepaste versies zullen te vinden zijn op <http://users.pandora.be/bertvda>

Veel plezier ermee...  
Bert Van den Abbeele

### Logische poorten

Digitaal is een magisch woord. Alles wordt numeriek, in cijfers, verwerkt. We hoeven niet meer te kijken waar de wijzer staat, onze horloge geeft onmiddellijk het juiste uur.

Analoog wordt op alle gebieden vervangen door digitale logica. Deze is gebaseerd op logische schakelingen of de booleaanse logica. Genoemd naar George Boole rond het jaar 1800 die deze theorie ontwikkelde. De basis van deze logica zijn een aantal vaste denkgeregels.

Binnen een binair stelsel werken wij met stroom (+5V) of geen stroom (0V). We werken met een 0 of een 1 signaal. Dit zijn onze binaire digits (bits).

Digitale getallen (bvb.: 110101) worden gevormd op basis van 2. Met twee cijfers kan men alle getallen vormen!

...	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
...	32	16	8	4	2	1

Dus 110101 is het decimale getal  $32 + 16 + 0 + 4 + 0 + 1 = 53$ .

Omgekeerd gaan we als volgt te werk. Afhankelijk van het al dan niet bekomen van een komma-getal na de deling door 2, hebben we al dan niet een 1.

$53 / 2 = 26,5$  geeft ons 1

$26 / 2 = 13$  geeft ons 0

$13 / 2 = 6,5$  geeft ons 1

$6 / 2 = 3$  geeft ons 0

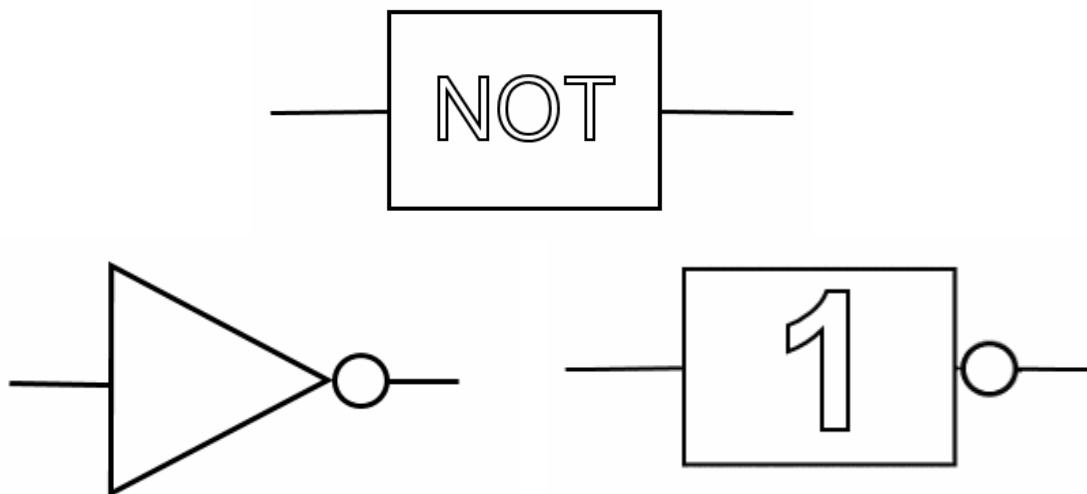
$3 / 2 = 1,5$  geeft ons 1

$1 / 2 = 0,5$  geeft ons 1

Kijken we van onder naar boven dan krijgen we: 110101!

De logica is gebaseerd op een reeks poorten. Nu bespreken wij op volgende pagina elke poort met de nodige verder uitleg.

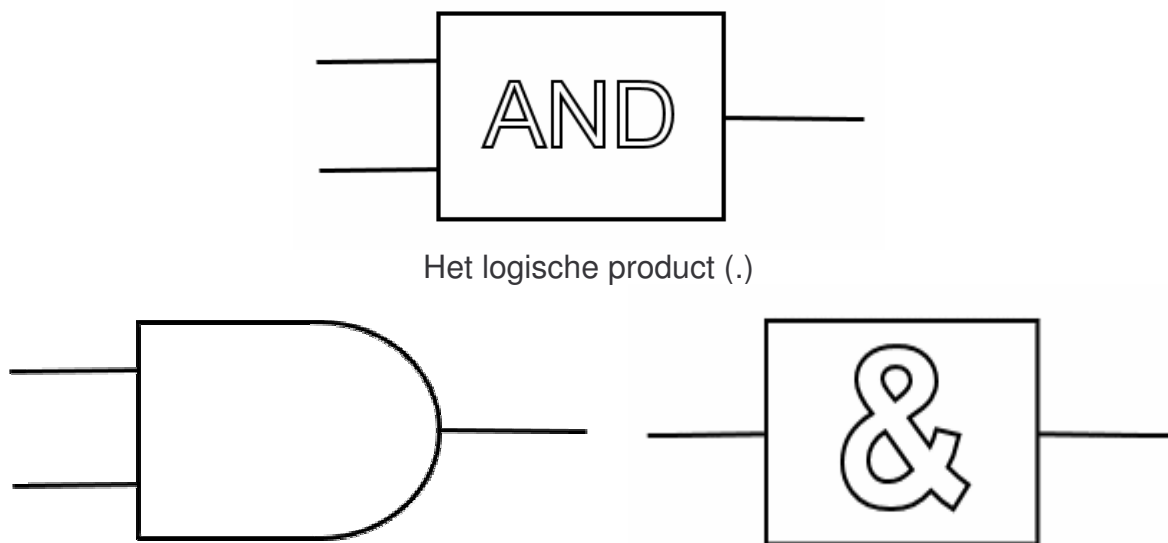
- NOT-gate (NIET-poort)



Ingang (A)	Uitgang
0	1
1	0

Notatie:  $\bar{A}$

- AND-gate (EN-poort)

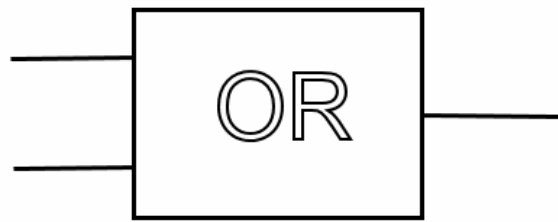


Het logische product (.)

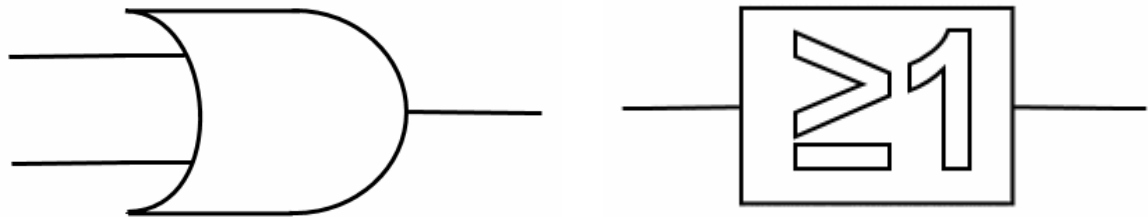
Ingang A	Ingang B	Uitgang
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

$A \cdot B = \text{Uitgang}$   
 $0 \cdot 1 = 0$   
 $1 \cdot 1 = 1$

- **OR-gate (OF-poort)**



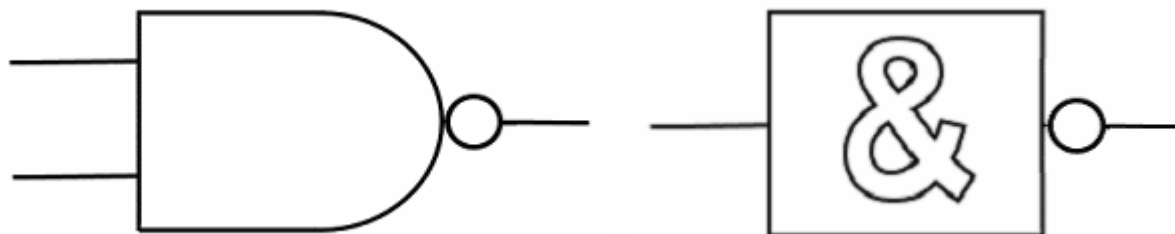
De logische som (+)



Ingang A	Ingang B	Uitgang
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

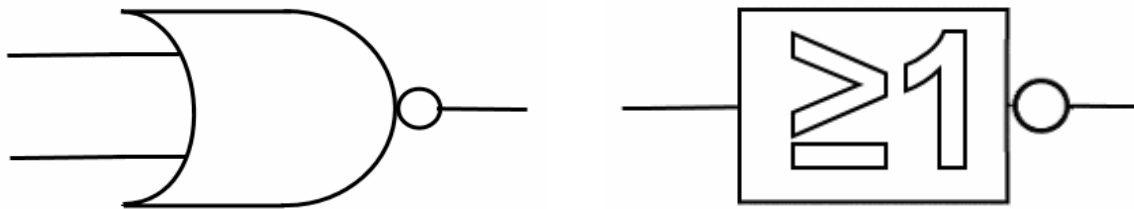
A + B = Uitgang	0 + 0 = 0
	0 + 1 = 1
	1 + 1 = 1

- **NAND-gate (Negatieve EN-poort)**



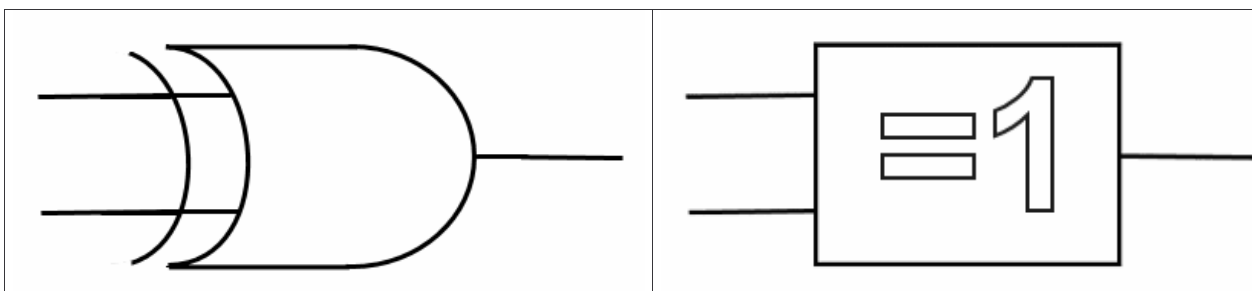
Ingang A	Ingang B	Uitgang
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

- **NOR-gate (Negatieve OF-poort)**



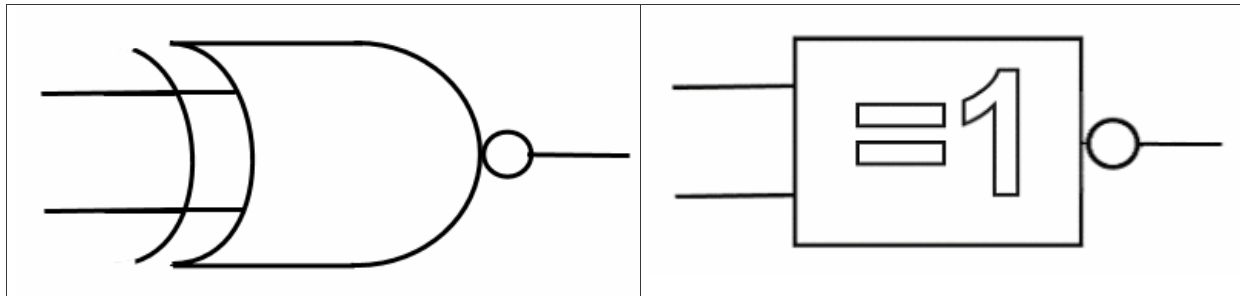
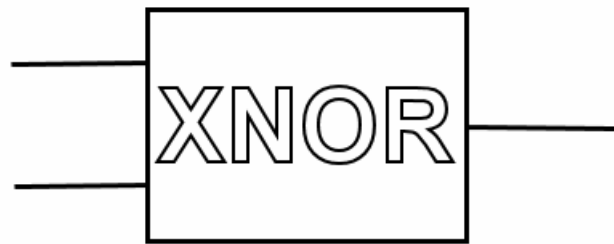
Ingang A	Ingang B	Uitgang
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

- **XOR-gate**



Ingang A	Ingang B	Uitgang
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

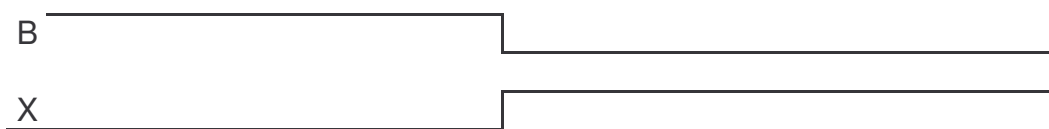
- **XNOR-gate**



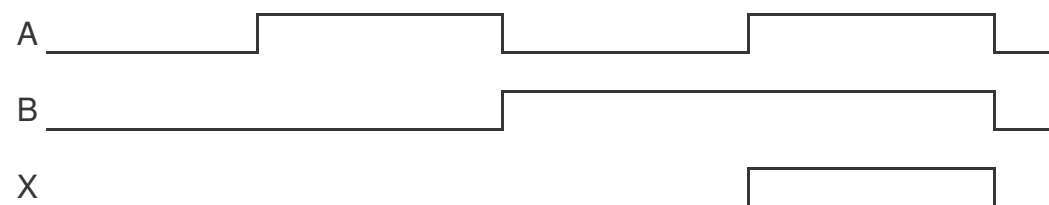
Ingang A	Ingang B	Uitgang
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Met behulp van een oscilloscoop kunnen wij de waarde van de poorten weergeven op een tijdas.

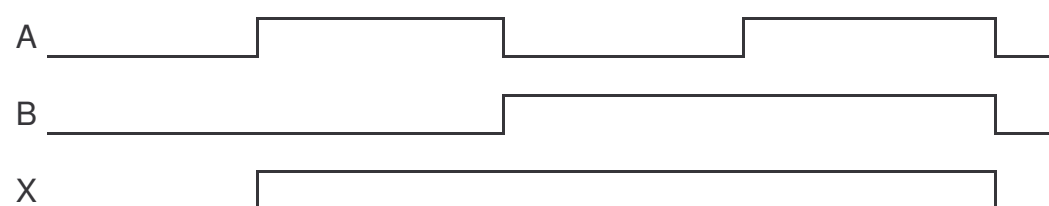
NOT-poort



AND-poort

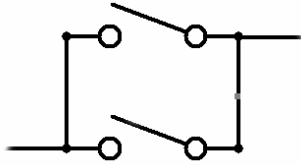


OR-poort

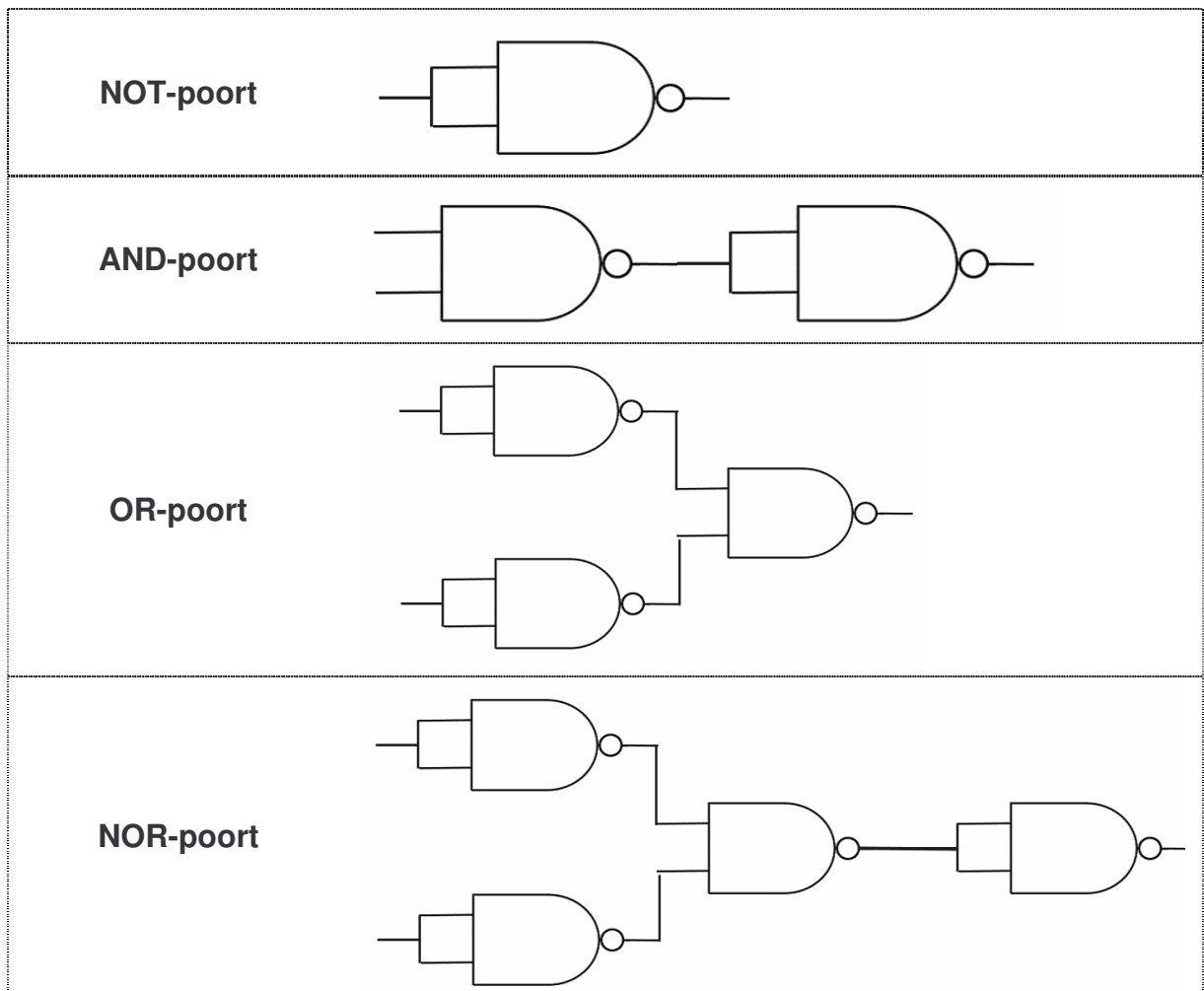


Het principe is hiermee hopelijk duidelijk.

Naast deze notatie is het ook mogelijk te redeneren aan de hand van schakelaars. Twee schakelaars in serie geeft ons een AND poort. Twee schakelaars parallel geeft ons een OR poort.



Je kan door poorten te combineren anderen poorten vormen. Dit is nuttig voor de industrie die de chips maakt. Dit is een verklaring waarom je niet alle soorten poorten in de winkel vindt. Met de NAND poort kan je vele poorten opbouwen:

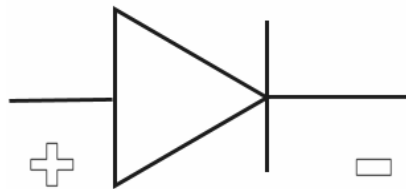


De poorten worden opgebouwd door transistoren. Een transistor is een elektronisch component die stroom kan versterken of stroom kan doorlaten. Wij willen de transistor gebruiken om stroom door te laten met andere woorden gebruiken wij de transistor als schakelaar. Om de werking te begrijpen hebben wij nood aan wat basiselektronica.

## Halfgeleiders

Een transistor is een halfgeleider, dit wil zeggen hij kan de stroom zowel goed als slecht doorlaten. De chemische elementen zijn (meestal) silicium en germanium. Deze worden (chemisch) bewerkt zodanig dat zij ofwel extra elektronen kunnen afstaan (N-laag) of een tekort hebben aan elektronen (P-laag). De N-laag kan dus elektronen afstaan aan de P-laag, op deze manier kan de stroom door. Een N-laag zal elektronen afstaan aan een P-laag onder invloed van spanning. Dit is de werking van een diode.

- **De diode**

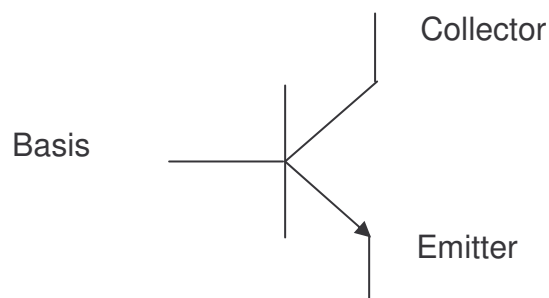


De diode is een typische halfgeleider. De stroom kan enkel vloeien van de plus- naar de min-pool. De meest bekende diode is de LED. De Light Emitting Diode vormt lichtgolven wanneer er stroom in de juiste richting vloeit. We gaan dit even testen:

Een transistor gaat nog verder

- **De transistor**

Een transistor kan een stroom versterken of doorlaten. Wanneer een kleine stroom op de basis aangelegd wordt, zal de zwaardere stroom op de collector doorgegeven worden naar de collector. Hieronder een afbeelding van een NPN transistor.



## Integrated Circuits (IC)

Zelf logische schakelingen maken met transistoren is mogelijk maar niet eenvoudig. Zeker niet als je rekening houdt met de schakelsnelheid en de robuustheid. Daarom zijn er chips op de markt die ons het leven eenvoudig maken. Een beter woord voor chip is IC. Dit is afkomstig van "integrated circuit." Er bestaan verschillende soorten chips.

### - CMOS

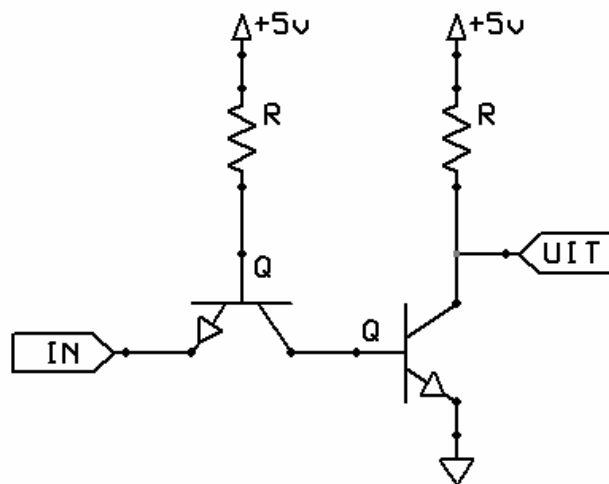
Een **complementary metal oxide semiconductor** (CMOS) bevat transistoren die op basis van een metaaloxide gefabriceerd worden.

De nummers van deze IC beginnen steeds met 4, men spreekt van de reeks 4000.

### - TTL

De **transistor transistor logica**, meerdere transistoren die op een zodanige manier geschakeld zijn dat ze elkaar beïnvloeden.

Een voorbeeld van een TTL niet-poort:





## Practicum

Let erop dat niet gebruikte ingangen aan massa gekoppeld zijn. Indien dit niet het geval is, kunnen hier toch spanningen gemeten worden en weet het IC niet meer of de ingang hoog of laag is. De ingangen die je gebruikt moeten in passieve toestand (= open schakelaar) ook steeds aan massa liggen. Er zijn meerdere oplossingen hiervoor (zie schema).

