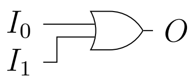
# 0.1 Klassieke bits

naam:

klas:

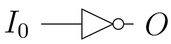
datum:

Informatie verwerk je met logische poorten. Enkele zijn hieronder weergegeven met hun waarheidstabel:



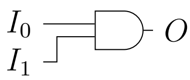

OF-poort

| $I_1$ | $I_2$ | $O$ |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |



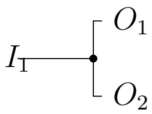

NOT-poort

| $I_0$ | $O$ |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |




EN-poort

| $I_1$ | $I_2$ | $O$ |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

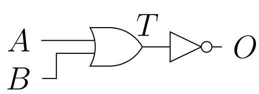



FAN-out

| $I_0$ | $O_1$ | $O_2$ |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

**Figuur 1:** logische poorten en fan-out.

De fan-out wordt doorgaans niet expliciet vermeld. In feite gaat het hier om het kopiëren van een bit. Hier ligt een belangrijk verschil ligt tussen klassieke en quantumcomputers. Bij quantumcomputing is kopiëren niet mogelijk. De fan-out maakt het mogelijk ingewikkelde uitdrukkingen maken door poorten te verbinden. Een simpele uitbreiding zie je in figuur 2.




| $A$ | $B$ | $T$ | $O$ |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

**Figuur 2:** Een OF-poort en een NOT-poort levert een NEN (niet-en) poort. In de notatie geeft een klein bolletje een NOT poort aan.

Als het ingewikkeld wordt kun je voor tussenstappen een waarheidstabel opzetten. Zo is het resultaat van de OF-poort in stap $\mathrm{T}$ weergegeven. Op $\mathrm{T}$ is een NOT toegepast. Het resultaat is in kolom $\mathrm{O}$ weergegeven.

universele set

De vier getekende poorten in figuur 1 vormen een universele set. Dat wil zeggen dat alle andere denkbare logische uitdrukkingen gesimuleerd kunnen worden met behulp van deze vier poorten.

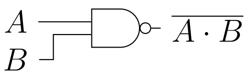
**algebra** In een algebraïsche notatie schrijven we '·' voor EN, en '+' voor OF. De NOT operatie geef je aan met een streep boven het deel van de uitdrukking dat ontkent moet worden.

Er geldt:

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

en

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




**Figuur 3:** Een NEN-poort is samentrekking van een EN en een NOT poort.

Deze uitdrukkingen staan bekend als de stellingen van DeMorgan. Aan de linkerkant van de eerste uitdrukking staat een uitdrukking voor een NEN-poort. Met NOT poorten kunnen we hiermee OF en EN poorten in elkaar overzetten.

**a**. Controleer de eerste stelling van DeMorgan met een waarheidstabel en teken hiervan een schema.

| $A$ | $B$ | $\overline{A \cdot b}$ | $\overline{A} + \overline{B}$ |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |

We kunnen een complete set maken met alleen NEN-poorten (of alleen NOF-poorten). Omdat we maar één poort gebruiken heet deze set een minimale universele set. Kun je een reden bedenken waarom een chipfabrikant slechts één poort wil gebruiken in een ontwerp?

uitleg

Als we bewijzen dat we de bewerkingen NOT, EN, en OF kunnen realiseren met enkel NEN-poorten, dan hebben we aangetoond dat NEN poorten een minimale universele set vormen. We gebruiken wel de fan-out. Hier een uitleg op video. In de opdrachten ga jij aantonen dat ook NOF poorten een minimale universele set vormen.

**De NOT operatie**: $NOT(A) \rightarrow \overline{A}$

We kopiëren A en zetten die op beide ingangen van een NEN poort:

$$\overline{A} = \overline{A \cdot A}$$

**De EN operatie**: $EN(A, B) \rightarrow A \cdot B$

$$A \cdot B = \overline{\overline{A \cdot B}} = \overline{\overline{A \cdot B} \cdot \overline{A \cdot B}}$$

**De OF operatie**: $OR(A, B) \rightarrow A + B$

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

**b**. Teken de schema's van deze uitdrukkingen.

Ook de NOF-poort is een minimale universele set.

**c**. Druk de NOT, OF en EN poort uit in alleen NOF-poorten.