Computeren inderst inde

DM534

Rolf Fagerberg

Mål

Målet for disse slides er at beskrive gates, som er de basale byggesten når man laver CPU'er.

Dette emne er et uddrag af kurset *DM548 Computerarkitektur og systemprogrammering* (3. semester).

Bits

Information = valg mellem forskellig muligheder.

Simpleste situation: valg mellem to muligheder. Kald dem 0 og 1. Denne valgmulighed kaldes en bit.

Bits

Information = valg mellem forskellig muligheder.

Simpleste situation: valg mellem to muligheder. Kald dem 0 og 1. Denne valgmulighed kaldes en bit.

Fysisk repræsentation i elektroniske computere:

- 0 = ingen strøm i ledning
- 1 = strøm i ledning

(Harddisk: magnetisering i stedet for strøm)

Bits

Information = valg mellem forskellig muligheder.

Simpleste situation: valg mellem to muligheder. Kald dem 0 og 1. Denne valgmulighed kaldes en bit.

Fysisk repræsentation i elektroniske computere:

- 0 = ingen strøm i ledning
- 1 = strøm i ledning

(Harddisk: magnetisering i stedet for strøm)

Større samling information: brug flere bits:

$$1011001100111010$$

16 bits = 2^{16} muligheder, f.eks.

Beregning

Beregning = ny information fra gammel.

Beregning

Beregning = ny information fra gammel.

Dvs. nye bits fra gamle. Dvs. en funktion fra bits til bits.

Beregning

Beregning = ny information fra gammel.

Dvs. nye bits fra gamle. Dvs. en funktion fra bits til bits.

For én bit ind (x) og én bit ud (y) er alle mulighederne for en funktion:

x	y
0	0
1	0

Konstant 0

x	y
0	1
1	1

Konstant 1

x	y
0	0
1	1

Identiteten

x	y
0	1
1	0

Negering (NOT)

Beregning

Beregning = ny information fra gammel.

Dvs. nye bits fra gamle. Dvs. en funktion fra bits til bits.

For én bit ind (x) og én bit ud (y) er alle mulighederne for en funktion:

x	y
0	0
1	0

Konstant 0

x	y
0	1
1	1

Konstant 1

x	y
0	0
1	1

Identiteten

x	y
0	1
1	0

Negering (NOT)

[Der er 2 forskellige input (rækker), og derfor $2^2 = 4$ forskellige muligheder for valg af output (sidste søjle)]

Beregning

Beregning = ny information fra gammel.

Dvs. nye bits fra gamle. Dvs. en funktion fra bits til bits.

For én bit ind (x) og én bit ud (y) er alle mulighederne for en funktion:

x	y
0	0
1	0

Konstant 0

x	y
0	1
1	1

Konstant 1

x	y
0	0
1	1

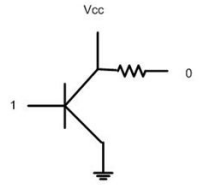
Identiteten

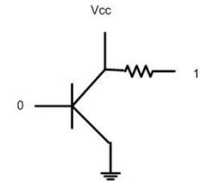
x	y
0	1
1	0

Negering (NOT)

[Der er 2 forskellige input (rækker), og derfor $2^2 = 4$ forskellige muligheder for valg af output (sidste søjle)]

Fact: De tre første er trivielle at lave i elektriske kredsløb (forbind output til jord, forbind output til strøm, forbind output til input). NOT kan laves med transistorer og andre simple elektroniske komponenter, som vist til højre.

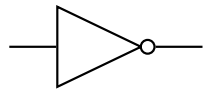




NOT-gate

En kredsløbsdel, som implementerer NOT kaldes en NOT-*gate*.

Symbol for en NOT-gate i et kredsløb:



Sandhedstabel over NOTs funktion:

x_1	NOT(x_1)
0	1
1	0

Matematisk notation for NOT:

$$\neg 0 = 1; \quad \neg 1 = 0;$$

Beregning

Beregning = ny information fra gammel.

Dvs. nye bits fra gamle. Dvs. en funktion fra bits til bits.

Beregning

Beregning = ny information fra gammel.

Dvs. nye bits fra gamle. Dvs. en funktion fra bits til bits.

For to bits ind (x_1 og x_2) og én bit ud (y) er mulighederne:

x_1	x_2	y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	0

x_1	x_2	y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

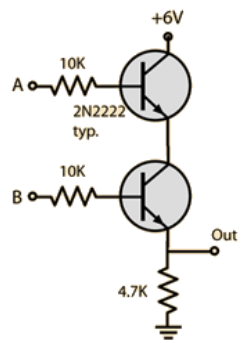
x_1	x_2	y
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	0

16 stk .....

x_1	x_2	y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	1

[Der er $2^2 = 4$ forskellige input (rækker), og derfor $4^2 = 16$ forskellige muligheder for valg af output (sidste søjle)]

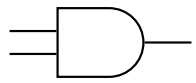
Vi skal lære navnene (AND, OR, NAND, ...) for en del af disse. Fact: Også de kan laves med transistorer og andre simple elektroniske komponente. Her er f.eks. en AND:



AND-gate

En kredsløbsdel, som implementerer AND kaldes en AND-*gate*.

Symbol for en AND-gate i et kredsløb:



Sandhedstabel over ANDs funktion:

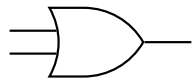
x_1	x_2	AND(x_1, x_2)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Matematisk notation for AND:

$$0 \wedge 0 = 0;\ 0 \wedge 1 = 0;\ 1 \wedge 0 = 0;\ 1 \wedge 1 = 1;$$

OR-gate

Symbol for en OR-gate i et kredsløb:



Sandhedstabel over ORs funktion:

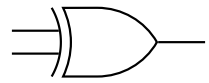
x_1	x_2	$\mathrm{OR}(x_1, x_2)$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Matematisk notation for OR:

$$0 \vee 0 = 0;\ 0 \vee 1 = 1;\ 1 \vee 0 = 1;\ 1 \vee 1 = 1;$$

XOR-gate

Symbol for en XOR-gate i et kredsløb:



Sandhedstabel over XORs funktion:

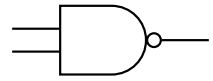
x_1	x_2	XOR(x_1, x_2)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Matematisk notation for XOR:

$$0 \oplus 0 = 0;\ 0 \oplus 1 = 1;\ 1 \oplus 0 = 1;\ 1 \oplus 1 = 0;$$

NAND-gate

Symbol for en NAND-gate i et kredsløb:



Sandhedstabel over NANDs funktion:

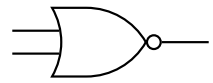
x_1	x_2	NAND(x_1, x_2)
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Matematisk notation for NAND:

$$0 \text{ nand } 0 = 1;\ 0 \text{ nand } 1 = 1;\ 1 \text{ nand } 0 = 1;\ 1 \text{ nand } 1 = 0;$$

NOR-gate

Symbol for en NOR-gate i et kredsløb:



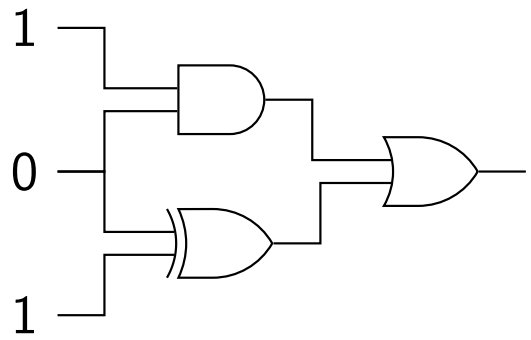
Sandhedstabel over NORs funktion:

x_1	x_2	NOR(x_1, x_2)
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

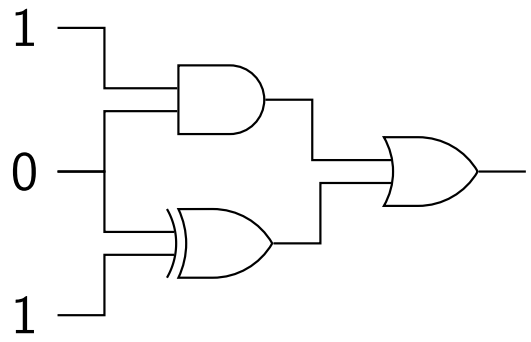
Matematisk notation for NOR:

$$0 \text{ nor } 0 = 1;\ 0 \text{ nor } 1 = 0;\ 1 \text{ nor } 0 = 0;\ 1 \text{ nor } 1 = 0;$$

Eksempel på kredsløb

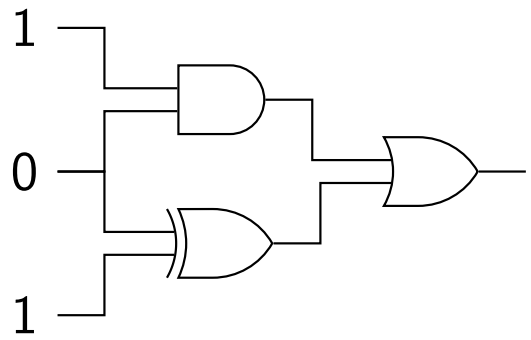


Eksempel på kredsløb



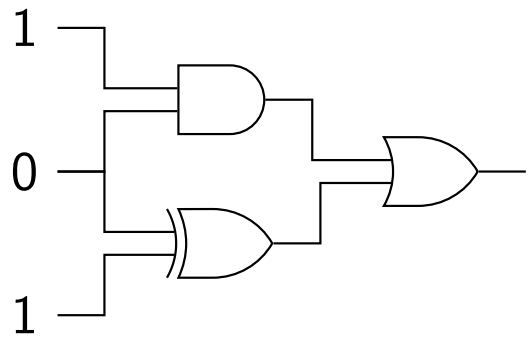
Hvad er gates?

Eksempel på kredsløb



Hvad er gates? Gates er: AND, XOR og OR.

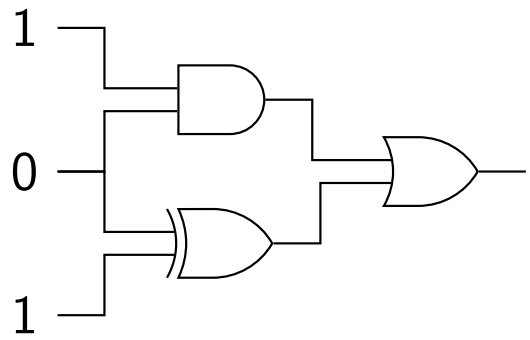
Eksempel på kredsløb



Hvad er gates? Gates er: AND, XOR og OR.

Hvad er output?

Eksempel på kredsløb



Hvad er gates? Gates er: AND, XOR og OR.

Hvad er output? Output er: 1.

Alle sandhedstabeller

Bemærk at man med AND, OR og NOT kan lave kredsløb som beregner enhver ønsket sandhedstabel (dvs. enhver ønsket beregning):

- Finde de rækker (input) i tabellen, hvor y (output) er lig 1.
- For hver række (input) brug AND og NOT til at lave et kredsløb, som giver output 1 for dette og kun dette input (se eksemplet på næste side for metoden).
- Sæt disse kredsløb sammen med en masse OR.

Det resulterende kredsløb giver output 1 præcis for de rækker (input), hvor sandhedstabellen har 1 som output.

Et eksempel gives på næste side, med fire inputs x_1, x_2, x_3 og x_4. Det udtrykkes med matematisk notation, men kan nemt konverteres til et kredsløb med fire input ledninger x_1, x_2, x_3 og x_4 (brug AND-gates for $\wedge$, NOT-gates for $\neg$ og OR-gates for $\vee$).

Eksempel

I følgende sandhedstabel er der to rækker med output (y) lig 1:

x_1	x_2	x_3	x_4	y
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	0
0	1	1	0	1
⋮	⋮	⋮	⋮	0
1	0	1	0	1
⋮	⋮	⋮	⋮	0

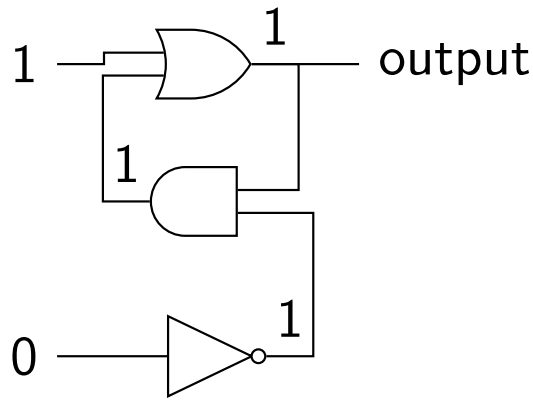
Følgende to udtryk har værdi 1 præcis når input (x_1, x_2, x_3, x_4) er $(0, 1, 1, 0)$, henholdsvis $(1, 0, 1, 0)$:

$$((\neg x_1) \wedge x_2) \wedge (x_3 \wedge (\neg x_4))$$
$$(x_1 \wedge (\neg x_2)) \wedge (x_3 \wedge (\neg x_4))$$

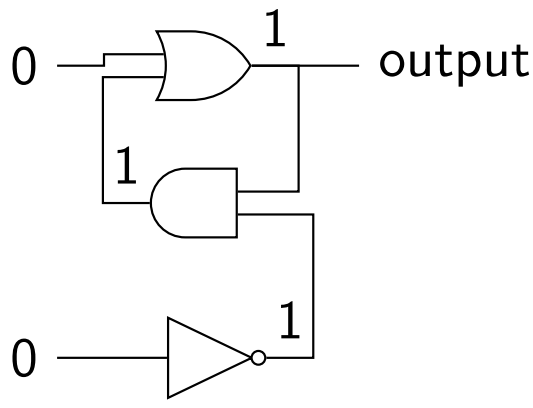
Derfor har følgende udtryk værdi 1 præcis for de input hvor sandhedstabellen har 1 i output:

$$(((\neg x_1) \wedge x_2) \wedge (x_3 \wedge (\neg x_4))) \vee ((x_1 \wedge (\neg x_2)) \wedge (x_3 \wedge (\neg x_4)))$$

Flip flop

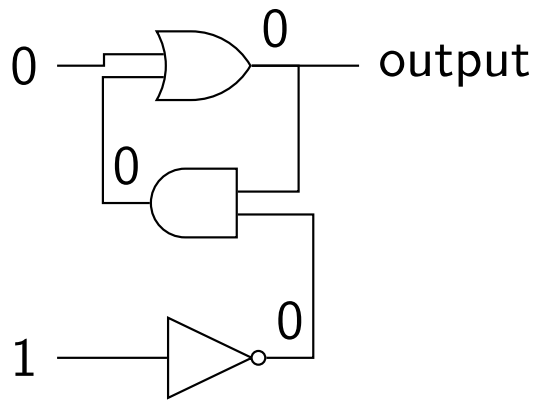


Flip flop



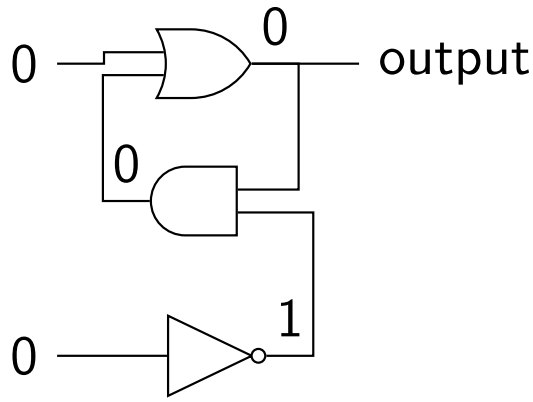
Bemærk at output er stabilt.

Flip flop



Vi kan ændre output.

Flip flop



Bemærk at output er stabilt.

Alt i alt: vi kan lave kredsløb som kan *gemme* en ønsket bit (sålænge der er strøm).

CPU'er

Pointe: Gates er de basale byggeklodser for at bygge CPU'er.