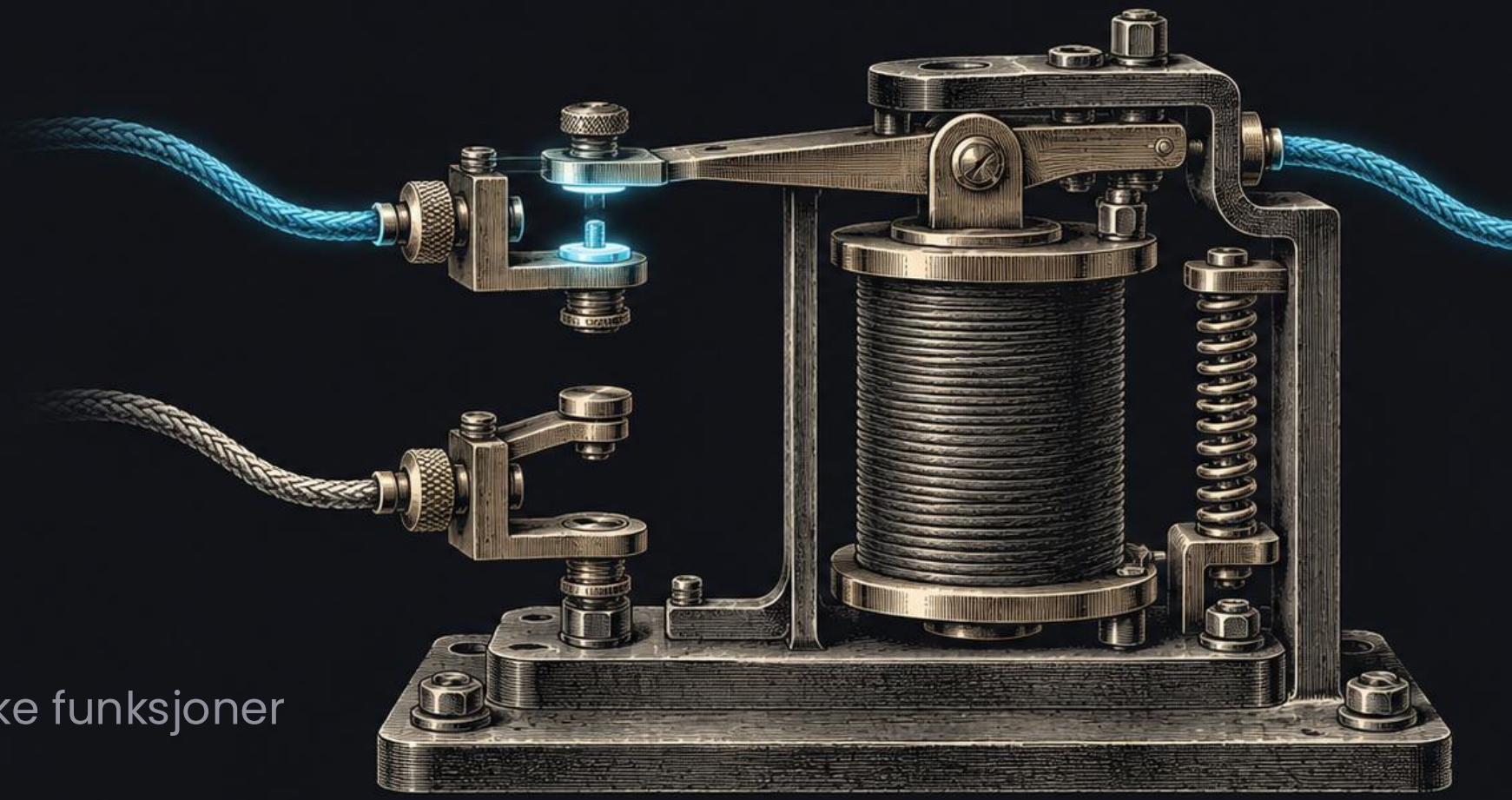
Når strøm blir til valg

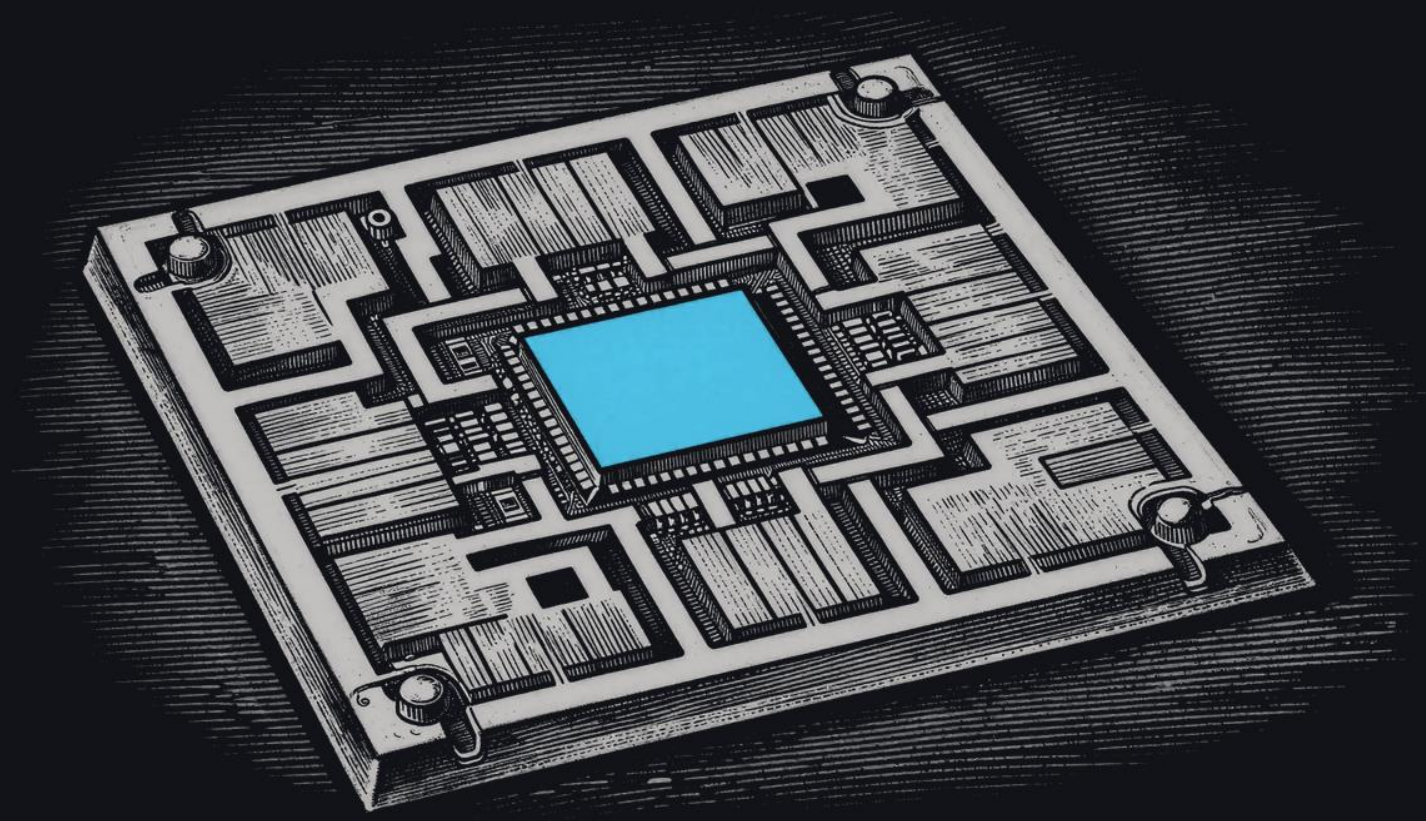
Kapittel 5 · Porter og logiske funksjoner



Alle lysark er laget med GPT bildegenereringsmodeller

Hvordan vet maskinen hva AND betyr?

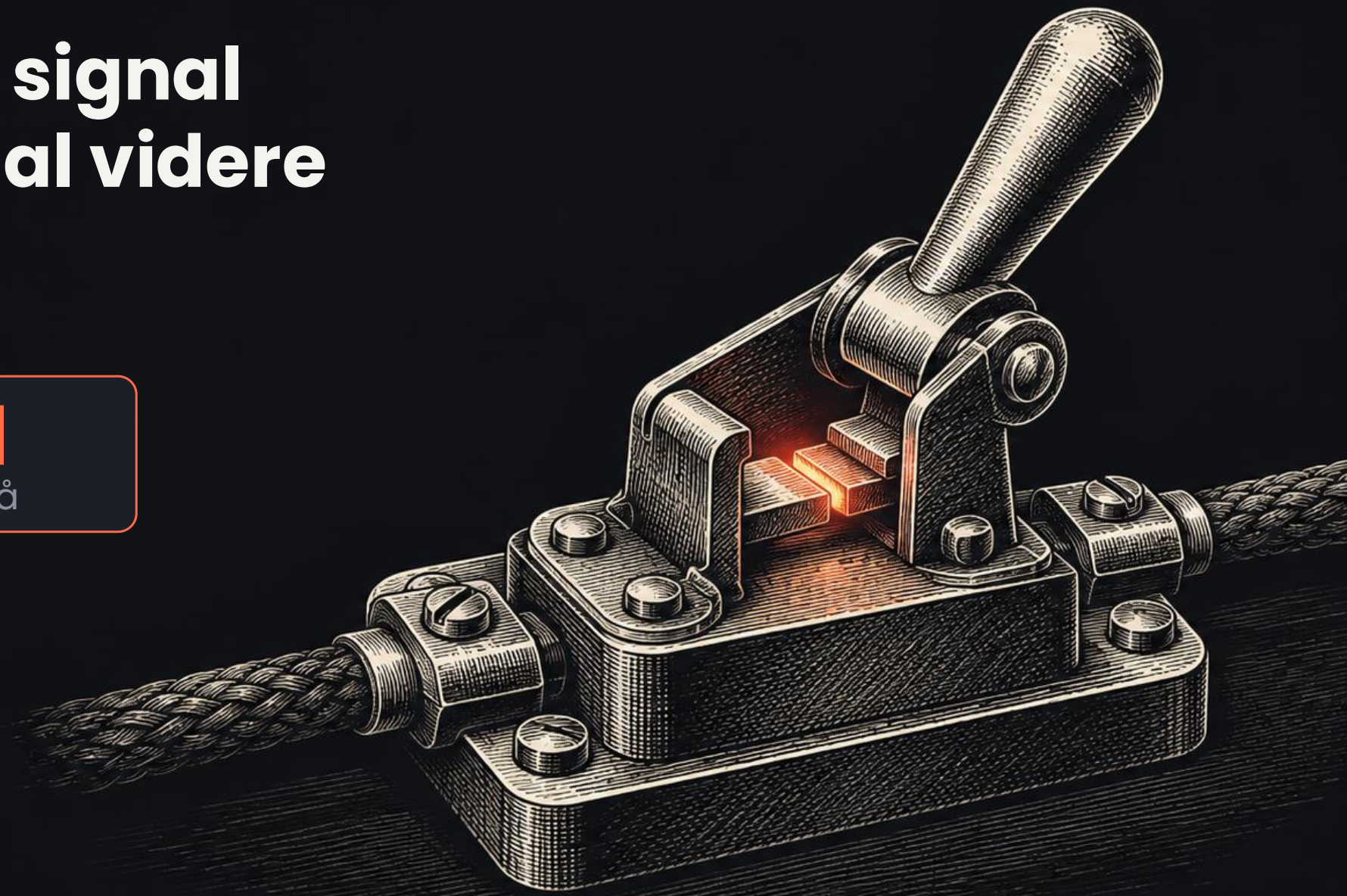
```
if alder >= 18 and har_billett:
    slipp_inn()
```



En port får et signal og gir et signal videre

0
av

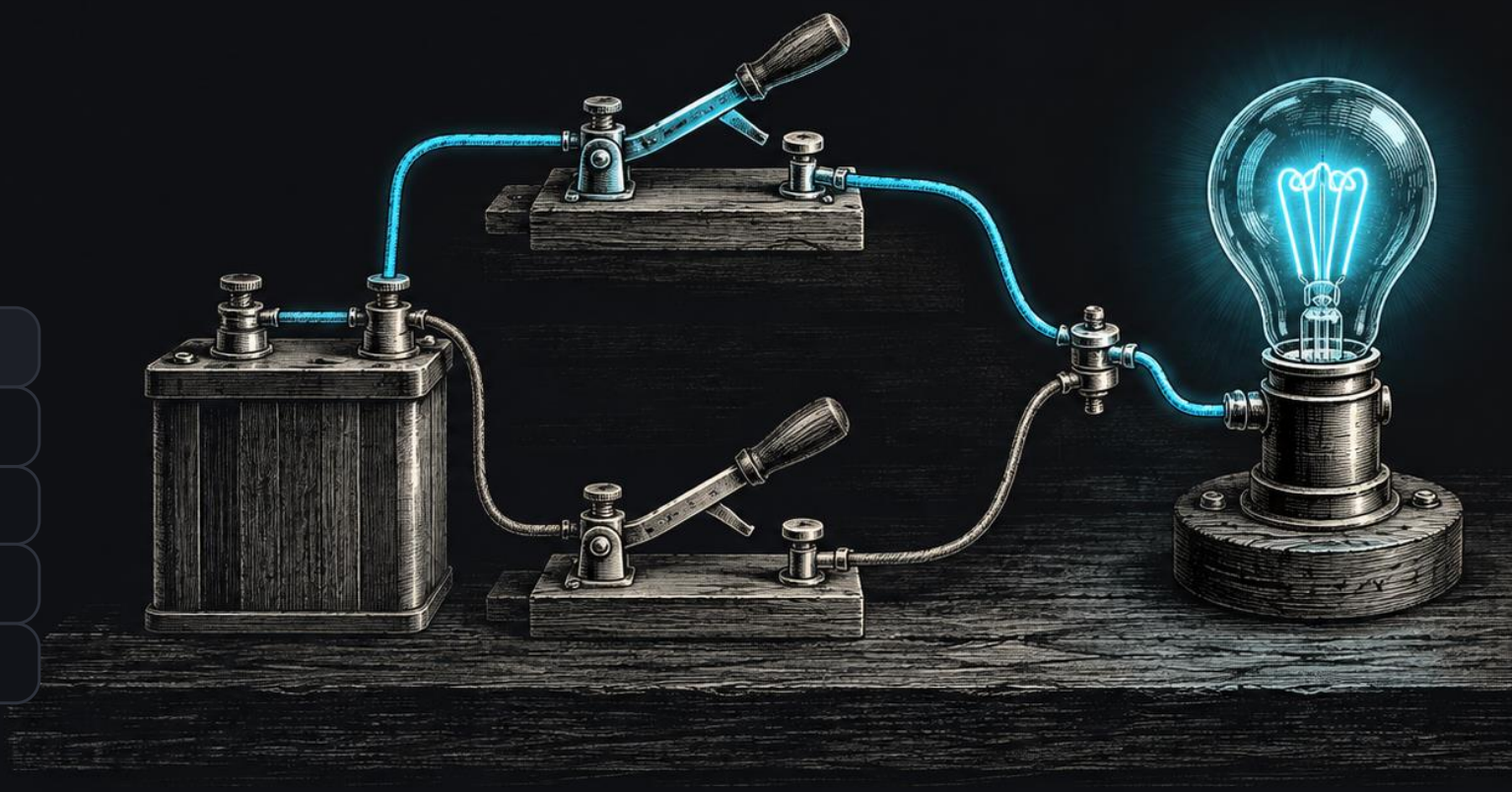
1
på

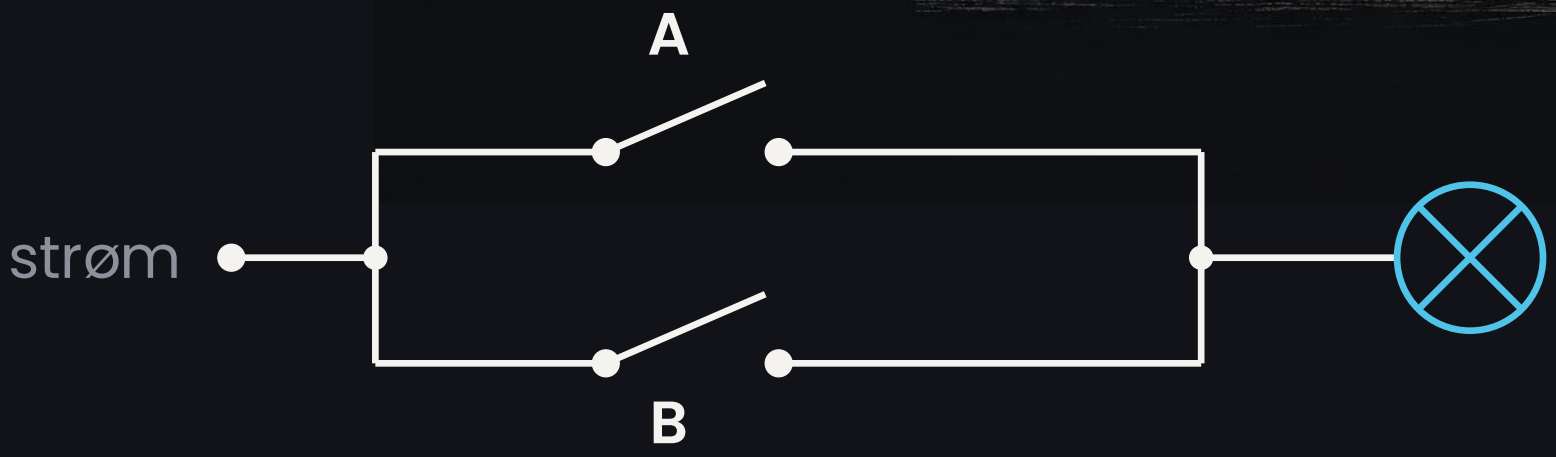


OR

Én er nok

A	B	A OR B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1





OR

minst én må være på

AND

Begge må være på

A	B	A AND B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



AND

begge må være på

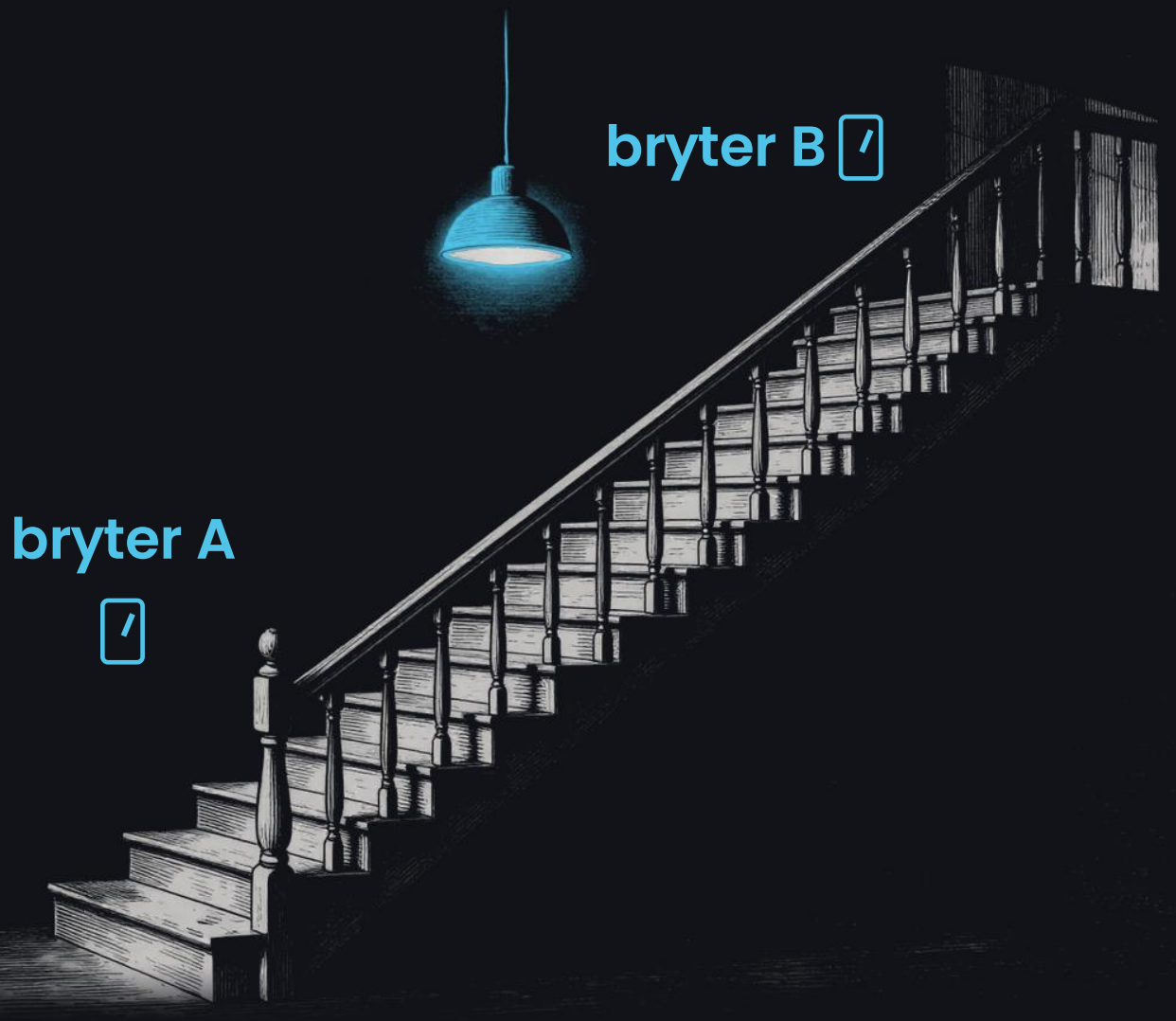
Kjøleskapslyset er en NOT

Bryteren er lukket når ingen rører den. Døra trykker den inn.

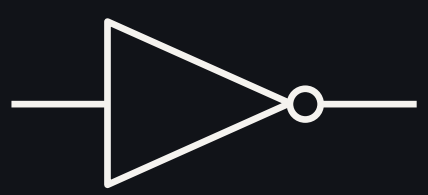


Trappelyset er verken AND eller OR

Snu én bryter, og lyset snur, uansett hvem som var der før deg.



Fire porter



NOT

$F = A'$

kjøleskapet



AND

$F = A \cdot B$



OR

$F = A + B$



XOR

$F = A \text{ XOR } B$

trappelyset

Boblen snur svaret









NAND



NOR



XNOR

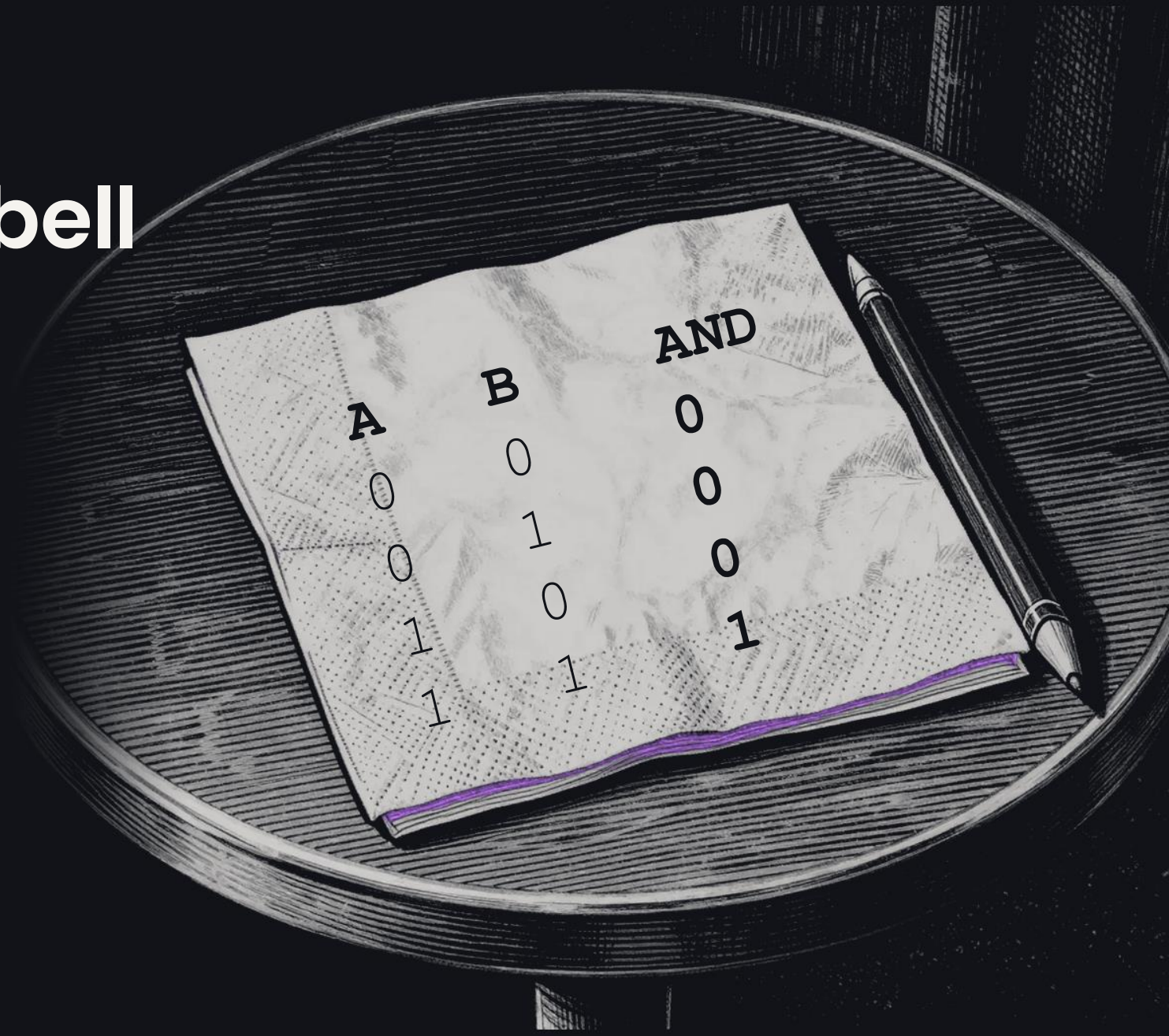
En port har to innganger. Hvor mange ulike tilstander kan utgangen ha?



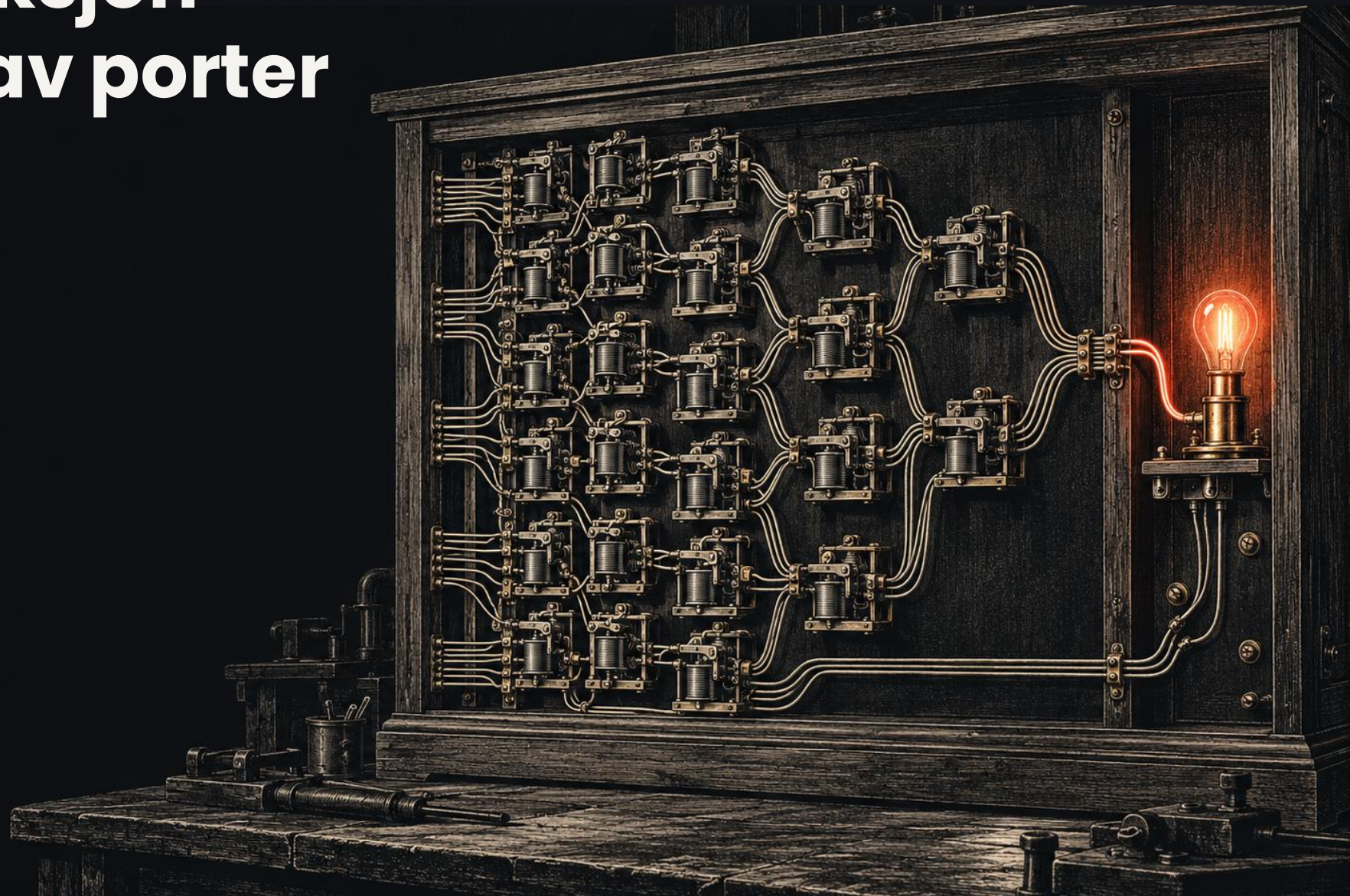
Seksten tilstander

A B							XOR		NOR							
00	0	**0**	0	0	0	0	**0**	**0**	**1**	**1**	1	1	1	1	**1**	1
01	0	**0**	0	0	1	1	**1**	**1**	**0**	**0**	0	0	1	1	**1**	1
10	0	**0**	1	1	0	0	**1**	**1**	**0**	**0**	1	1	0	0	**1**	1
11	0	**1**	0	1	0	1	**0**	**1**	**0**	**1**	0	1	0	1	**0**	1
		AND						OR		XNOR					NAND	

Sannhetsverditabell

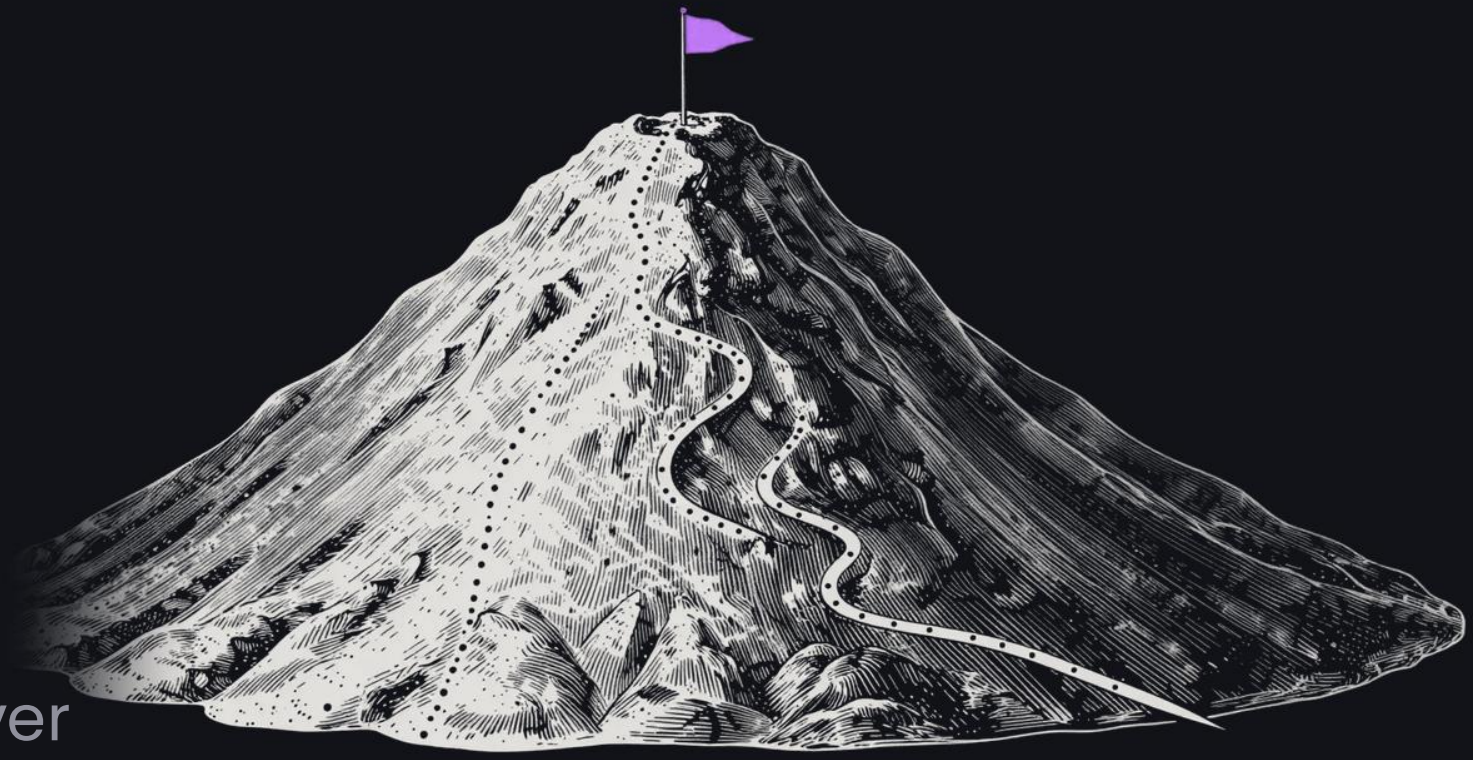


En logisk funksjon kan bygges av porter



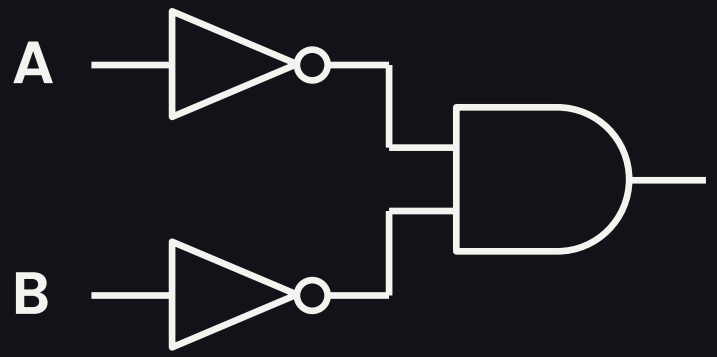
Funksjonen er målet. Kretsen er veien.

Mange stier, samme topp. Hver port koster plass, strøm, varme og tid.



A og B går hver gjennom en inverter, og så inn i en AND. Hvilken enkeltport gjør nøyaktig det samme?





tre porter

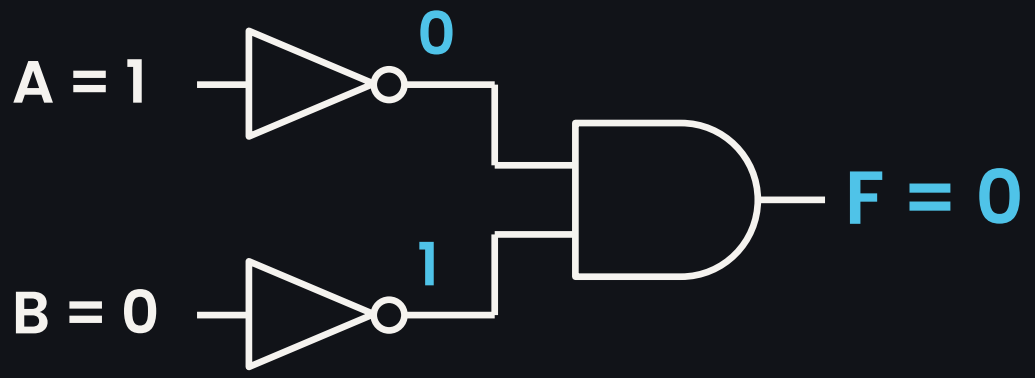
A	B	A'	B'	F
0	0	1	1	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	0
1	1	0	0	0



én port: NOR

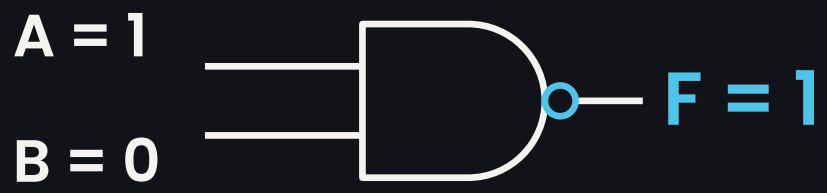
Tre porter gjør det samme som én

Samme funksjon, samme tabell. Den ene kretsen er tre ganger så dyr.



$A' \cdot B'$

hver inngang snus for seg



$(A \cdot B)'$

hele svaret snus

Hvor står boblen?

Samme innganger, motsatt svar. Venstre er NOR, høyre er NAND.

De Morgan: dra apostrofen inn, og snu operatoren

AND blir OR, OR blir AND, og hver bokstav får sin egen apostrof.

$$(A \cdot B)' = A' + B'$$

$$(A + B)' = A' \cdot B'$$



samme port, to tegnemåter

Ett ledd per 1-er på utgangen

Hvert ledd er en AND av alle inngangene. Er inngangen 0 i raden, får den apostrof (invertering).

A	B	F	ledd
0	0	1	A' · B'
0	1	1	A' · B
1	0	0	–
1	1	1	A · B

bundet sammen med OR

$$F = A' \cdot B' + A' \cdot B + A \cdot B$$

Hva om vi velger å se på 0-erne på utgangen?

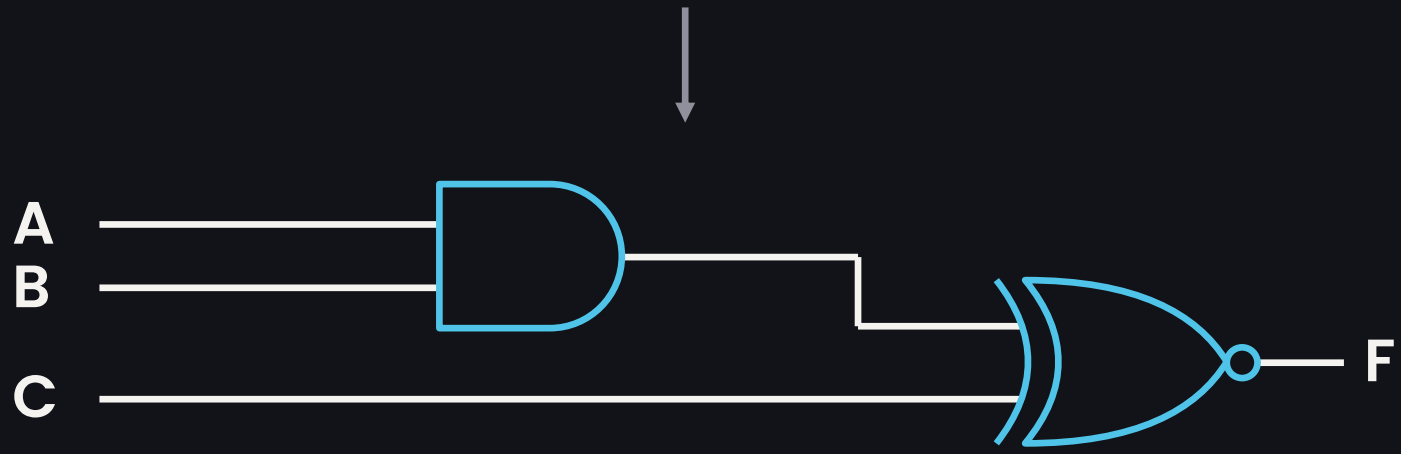
$F' = AB'$

$F = A' + B$



$A' \cdot B' \cdot C' + A' \cdot B \cdot C' + A \cdot B' \cdot C' + A \cdot B \cdot C$

8 porter



2 porter

$F = C \text{ XNOR } (A \cdot B)$

Åtte porter ble to! Dette er en halv-adder 🤯

F = AB + AC + D. Kan uttrykket forenkles?



$$AB + AC + D$$



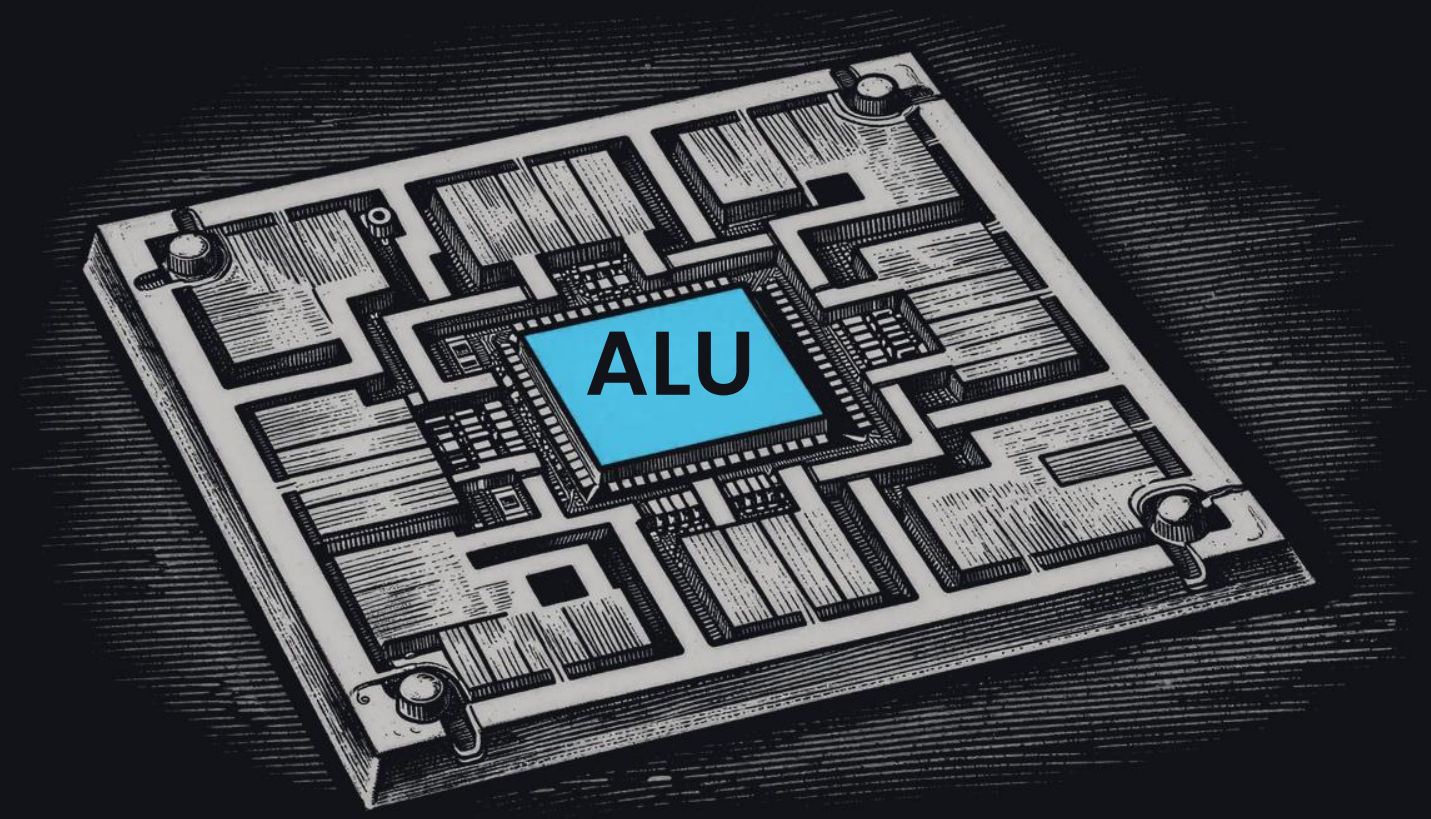
$$A(B + C) + D$$

Sett A utenfor, og gå gjennom reglene én gang til

Felles faktor er regelen som oftest blir oversett. Fem bokstaver ble fire.

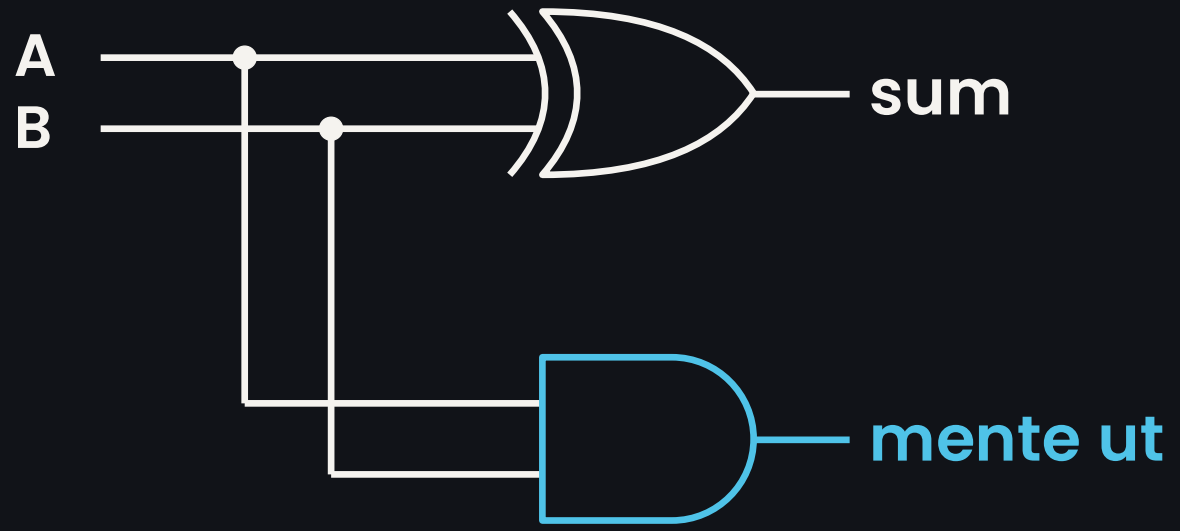
Nå åpner vi den blå blokka

To bit inn. Men 1 + 1 får ikke plass i én bit, så det kommer to ut: summen og menten.



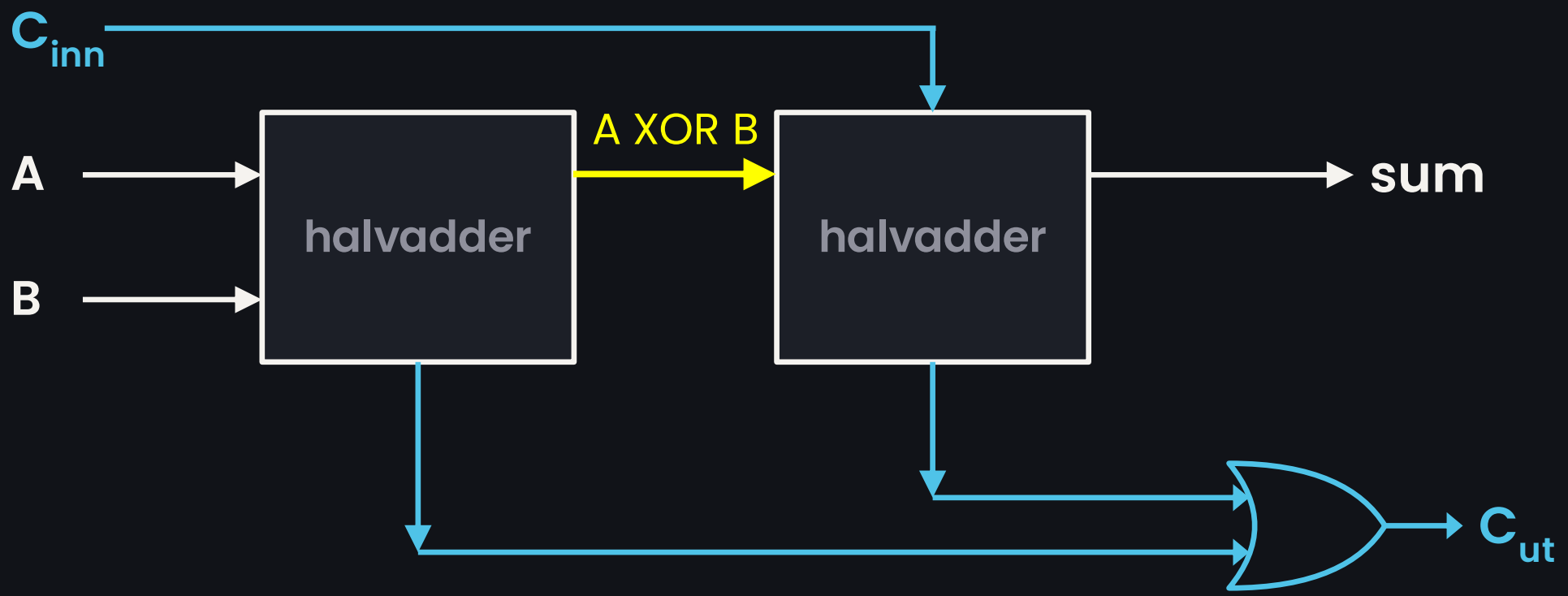
Halvadderen

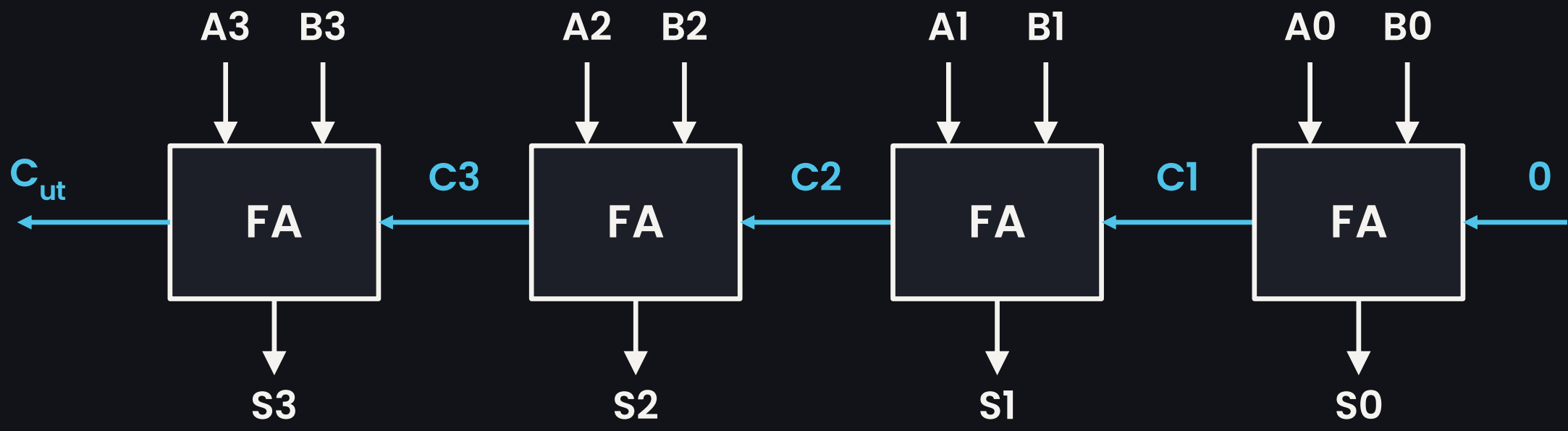
A	B	sum	mente
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1



Fulladderen: to halvaddere og en OR

Ta to først, og legg til det tredje. Mente ut når minst to av tre er 1.





Én fulladder per bit, og menten går mot venstre

Samme vei som blyanten går når du legger sammen på papir.

Den siste faller ikke før alle foran har falt

Leser du av for tidlig, får du et tall som ser riktig ut, og som er galt.

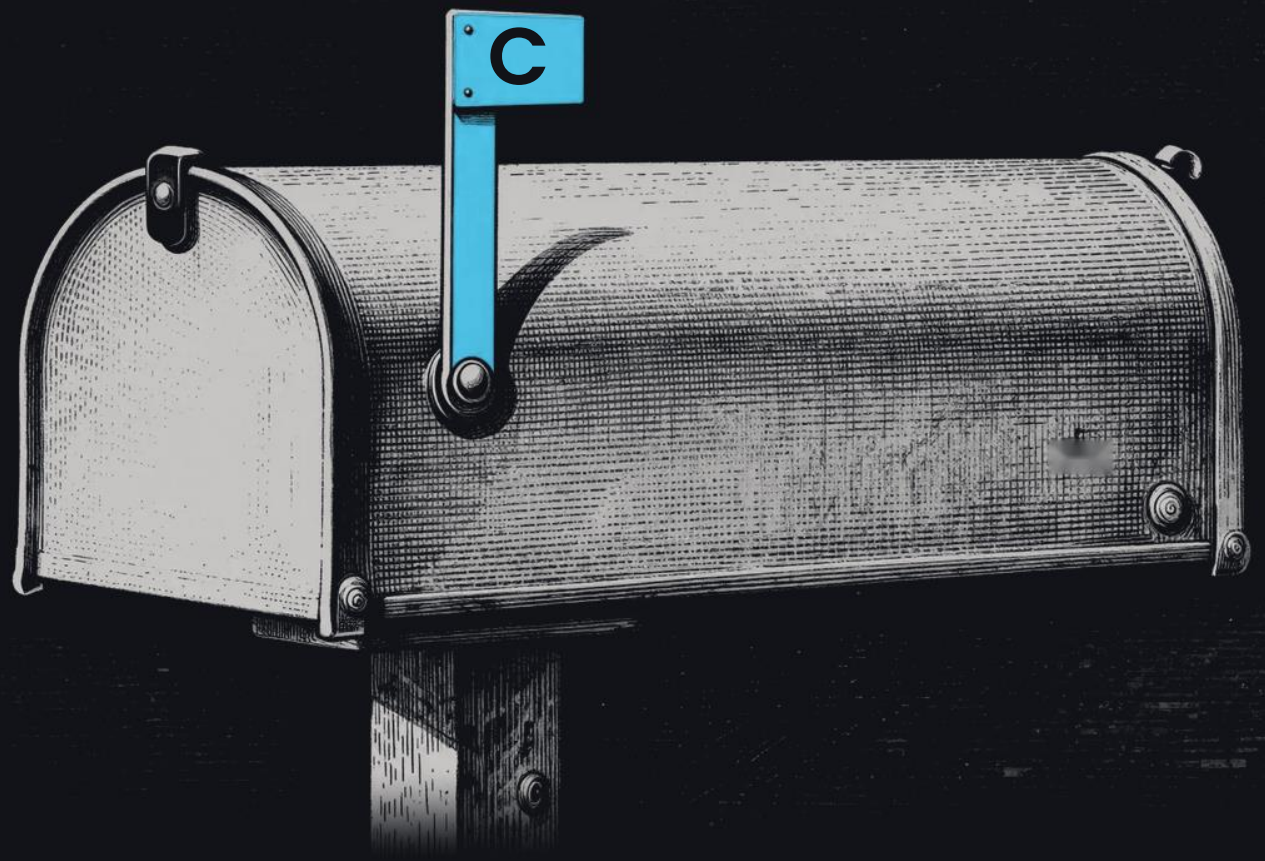


En mentekjede på 8 bit bruker 8 nanosekunder. Omtrent hvor lang tid bruker en på 32 bit?



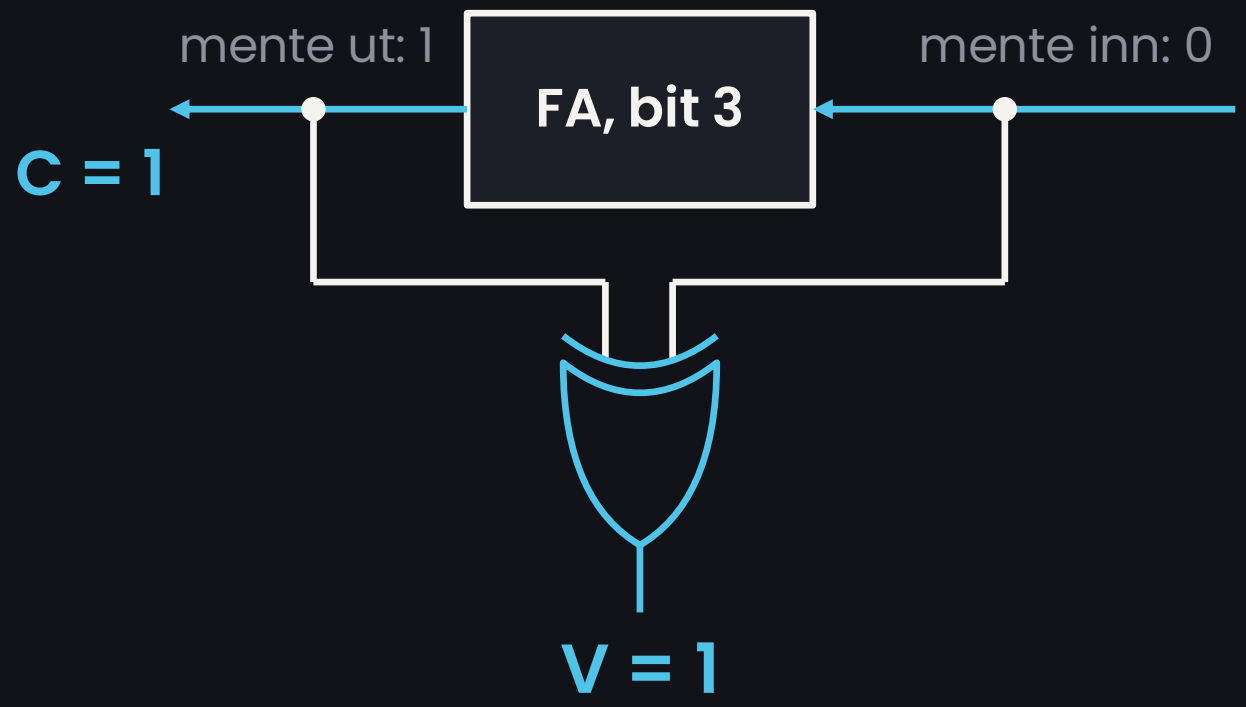
C-flagget er én ledning

Mente ut av den øverste fulladderen går rett inn i statusregisteret.



```
  1011    −5
+ 1010    −6
------------
  0101    +5
```

to negative inn, et positivt ut

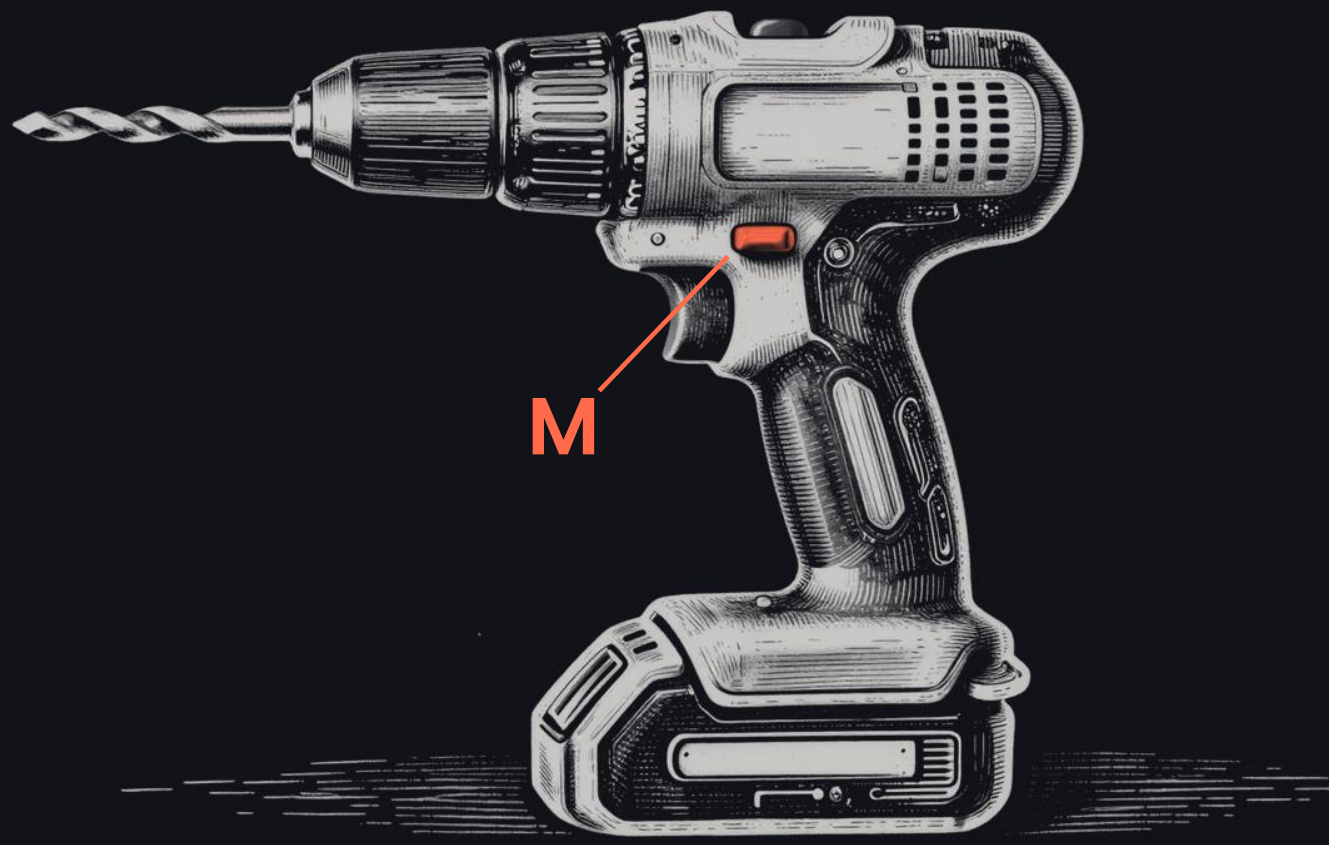


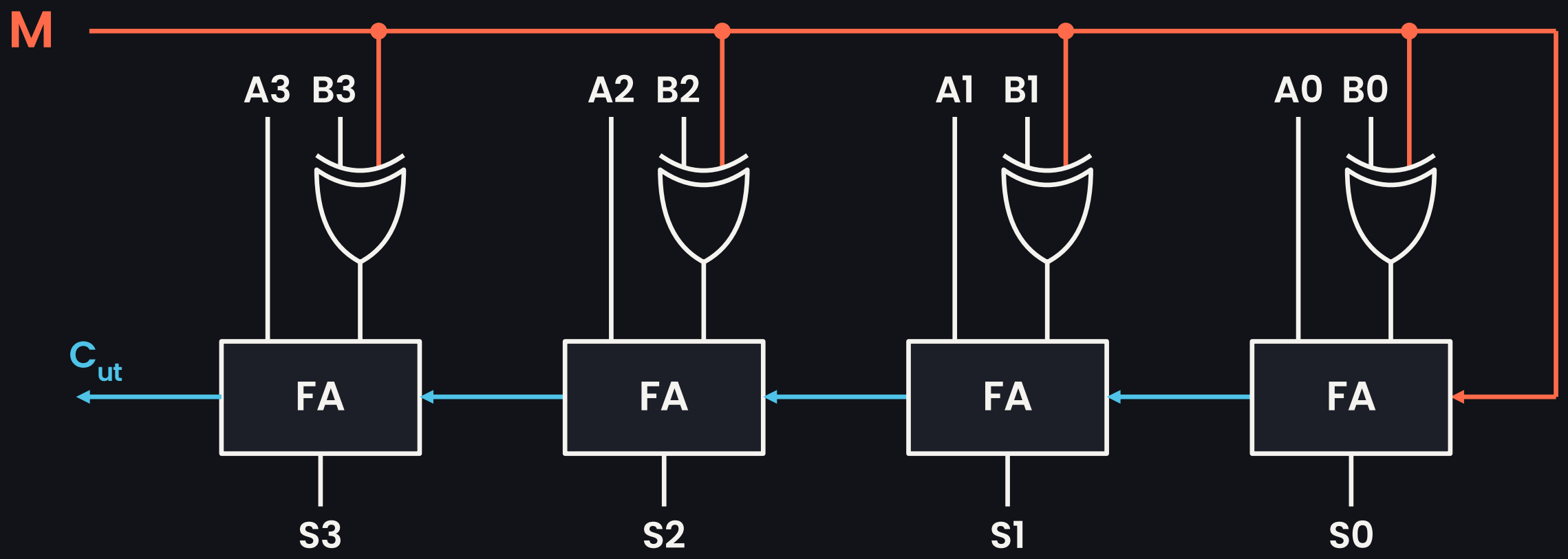
V-flagget er én XOR

Mente inn og mente ut øverst er ulike. Da er fortegnet galt.

Én bit bestemmer retningen

Samme motor og bor. Én knapp avgjør om skruen går inn eller ut.



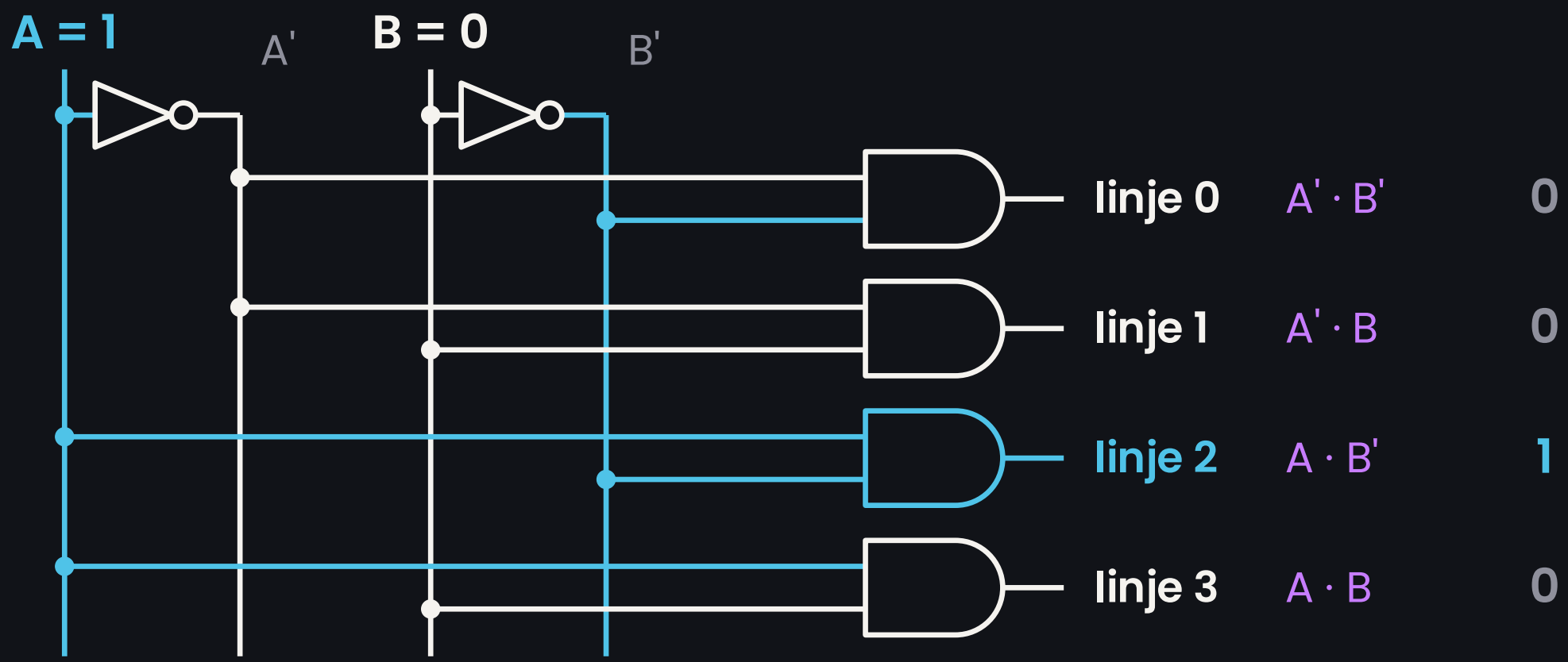


Fire XOR-porter og én ledning

M = 0 legger sammen. M = 1 trekker fra.

Opkoden 0101 går inn i en dekoder med fire innganger og seksten utganger. Hvor mange av utgangene blir 1?





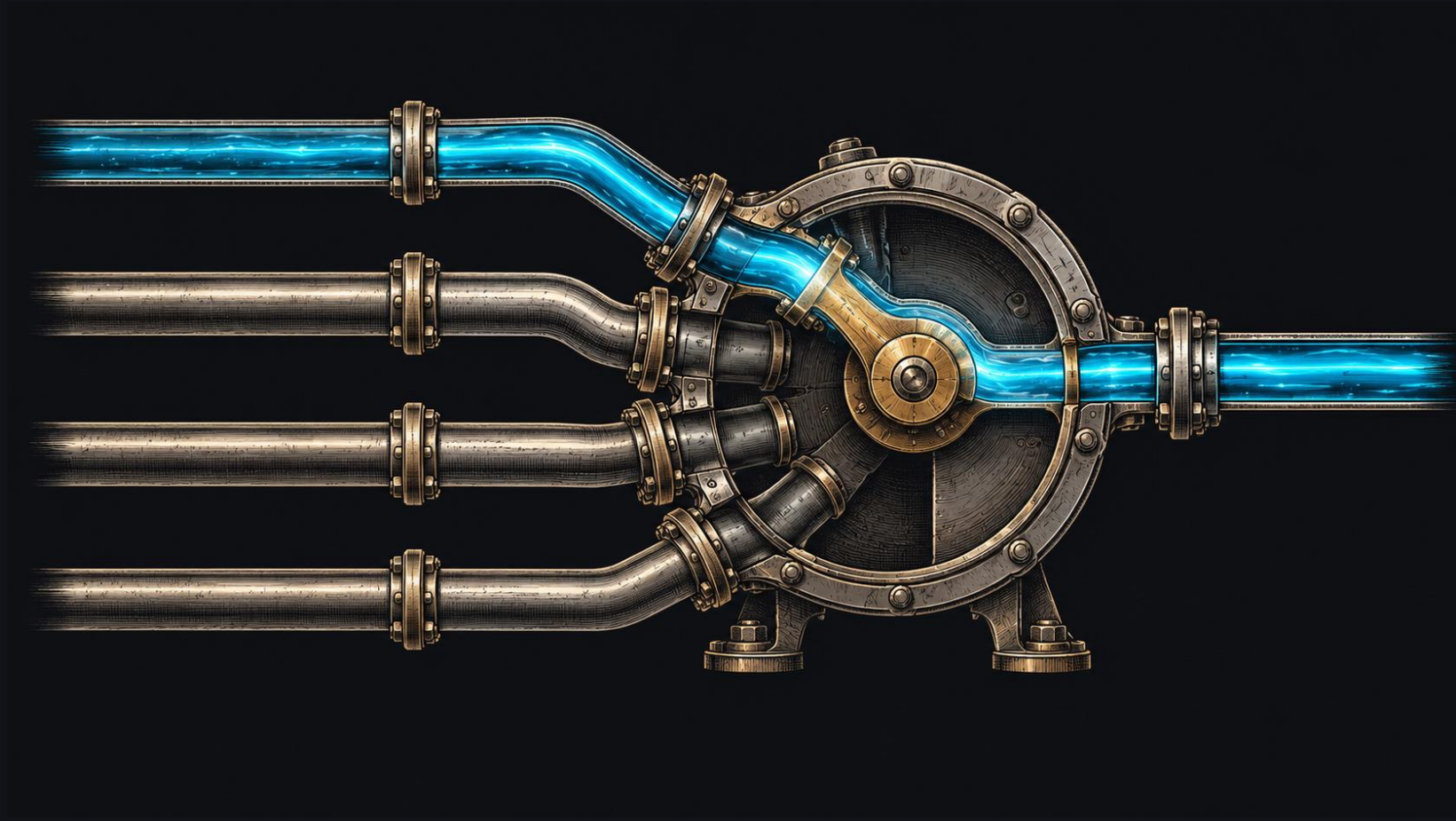
Dekoderen: én AND-port per rad

Med A = 1 og B = 0 får bare linje 2 to ettall inn.

Multiplekseren velger ett av to spor

$F = S' \cdot A + S \cdot B.$

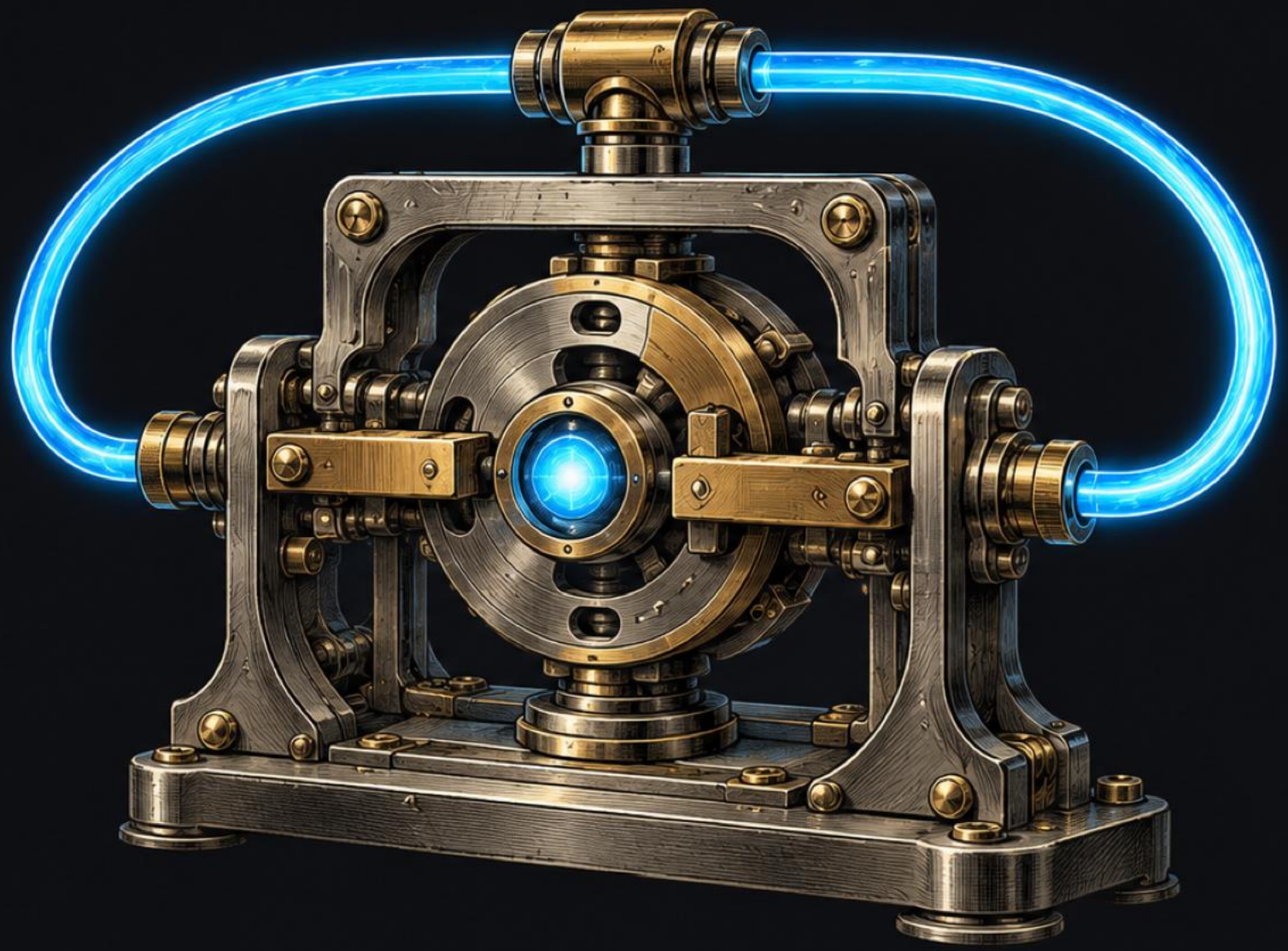
Spaken S avgjør hvilket spor som slipper gjennom.



Tilbakekobling

Koble utgangen tilbake til inngangen, og kretsen husker

Tilstanden forsterker seg selv i en lukket sløyfe.



Portene finnes ikke

Inne i prosessoren er det bare brytere uten finger: transistorer. Det er kapittel 6.



Tre ting å ta med videre

Sannhetstabellen	viser hele regelen
Logisk uttrykk	beskriver regelen kompakt
Kretsen	gjør regelen fysisk