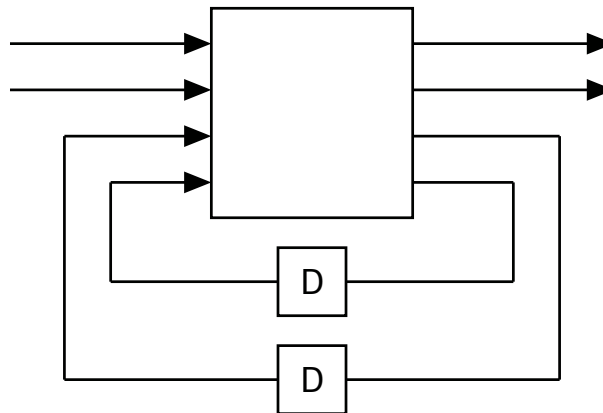
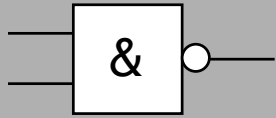


# TSEA22 Digitalteknik 2021

Oscar Gustafsson

Ingemar Ragnemalm

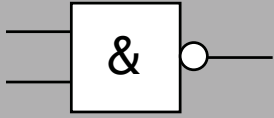




# Föreläsning 1. Introduktion.

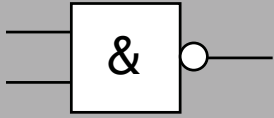
Denna föreläsning:

- Kursinnehåll
- Talbaser
- Digitala standardkomponenter, grindar



Vem är jag?

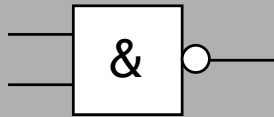
- Universitetslektor
- Forskare
- Programmerare
- Spelkonstruktör (LiU Game Jam mm)
- Bygger en del kul grejer på fritiden (inkl elektronik)
- Jag gick också här!
- Tidigare på Datorteknik, är nu på Informationskodning.



Vilka är ni?

- Förstaårsstudenter på D eller andraårsstudenter på I
- De flesta har gått T eller N
- En del kan en hel del elektronik och programmering - men inte alla!
- Begåvade men kanske inte så erfarna och självsäkra än.



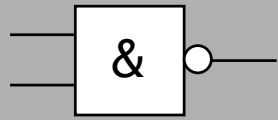


Digital = "som avser siffror"

Digit = siffra

Digitus = finger

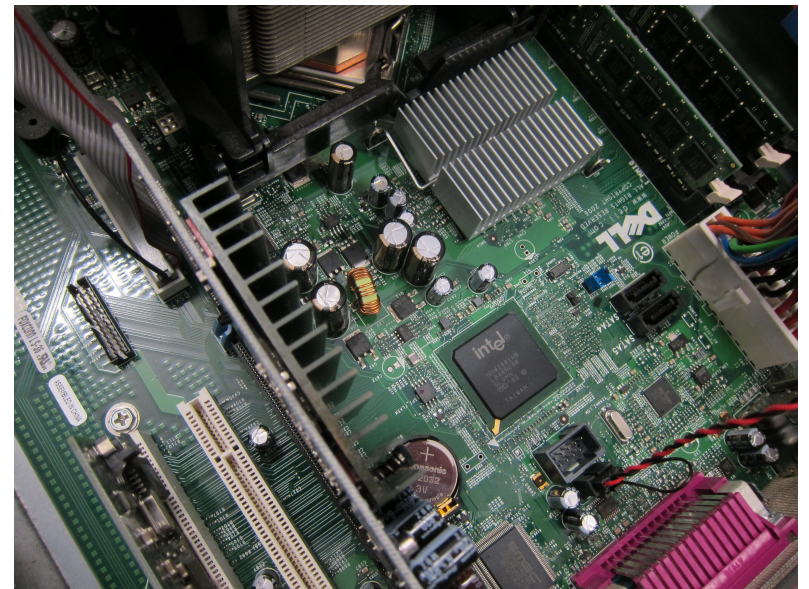
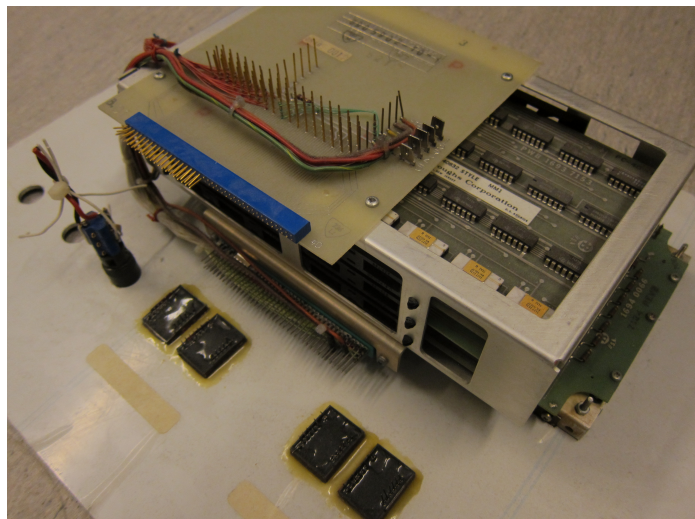
Att räkna på fingrarna?



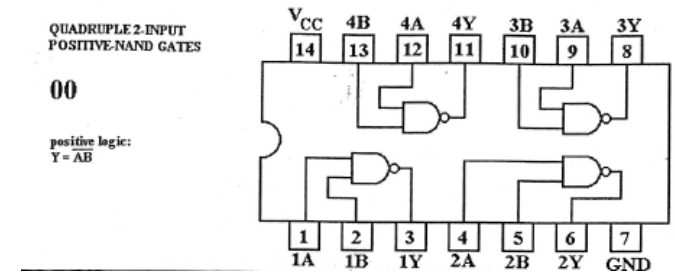
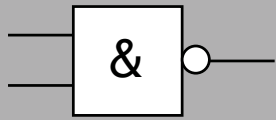
Digitala prylar överallt...

Hur fungerar de... egentligen?

Var kommer ettorna och nollorna från?



# TSEA22 Digitalteknik

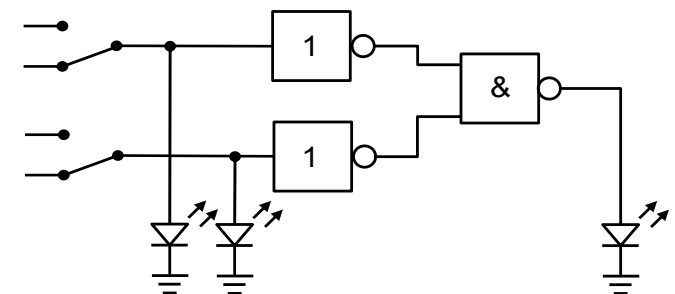
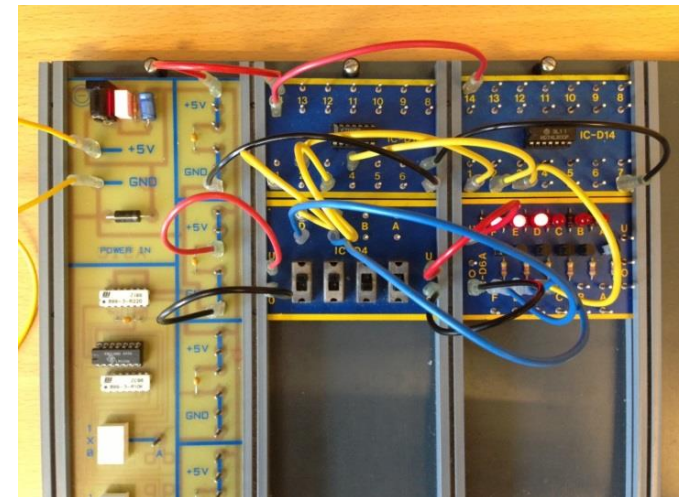


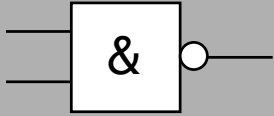
## Kursmål:

1: Lär dig grunderna i hur man konstruerar och felsöker digitala system, inkl programmerbara kretsar.

2: Teori. Förståelse för vad som händer inne i apparaterna.

3: Lär dig komponenter som ofta används som komplement för små digitala system.





Kurslitteratur:

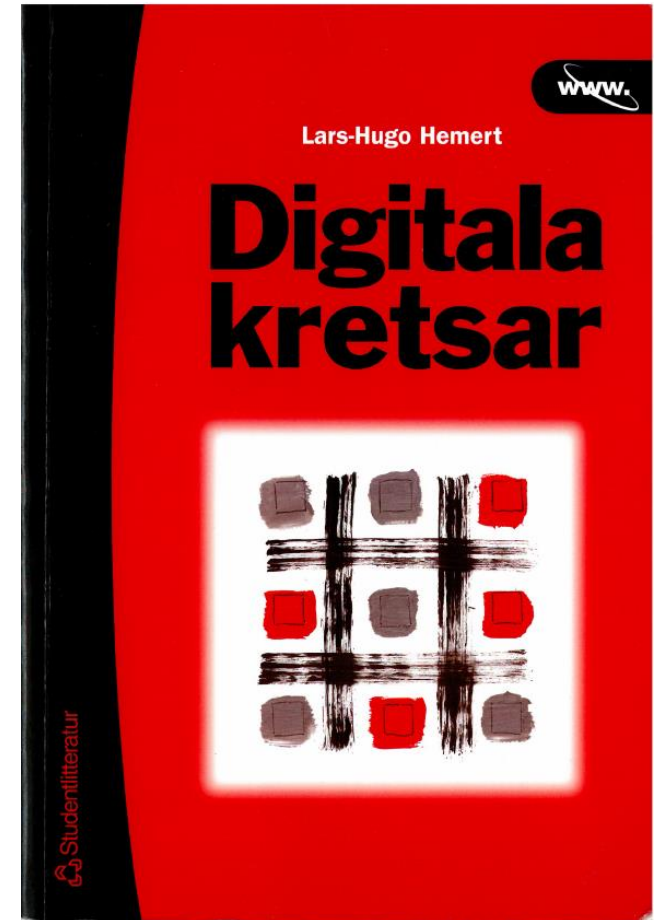
Hemert: Digitala Kretsar  
Finns bl.a. på Bokakademin

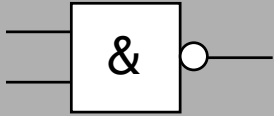
Teori, lektionsuppgifter.

Kurshemsidan:

<http://www.isy.liu.se/edu/kurs/TSEA22/>

- Föreläsningsmaterial
- Labbkompedium
- Extramaterial
- Labbanmälan (Lisam)



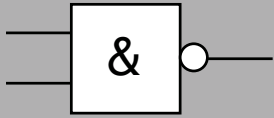


## Kursmoment:

- Föreläsningar, 12 st
- Lektioner, 10 st varav två datorlektioner
- Laborationer, 4 st varav två på distans
- Tentamen

Föreläsningar:  
Ingemar Ragnemalm  
Oscar Gustafsson

Lektioner:  
Ingemar Ragnemalm  
Olov Andersson  
Peter Johansson  
Cheolyong Bae  
Mikael Henriksson



Mer om laborationerna:

4 laborationer om 4 timmar.

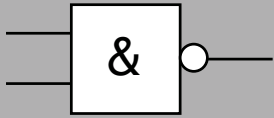
Flera laborationer är delade i två delar, 2+2 timmar! Totalt 7 tillfällen!

Förbered dig väl till laborationerna!

Examination under laborationen.

Föranmälan krävs för labbar! Se kurssidan.

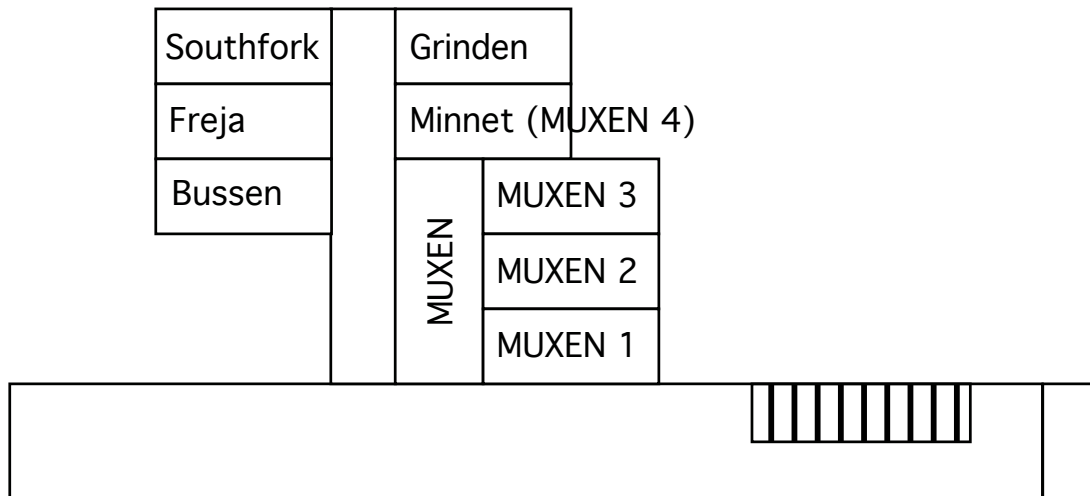




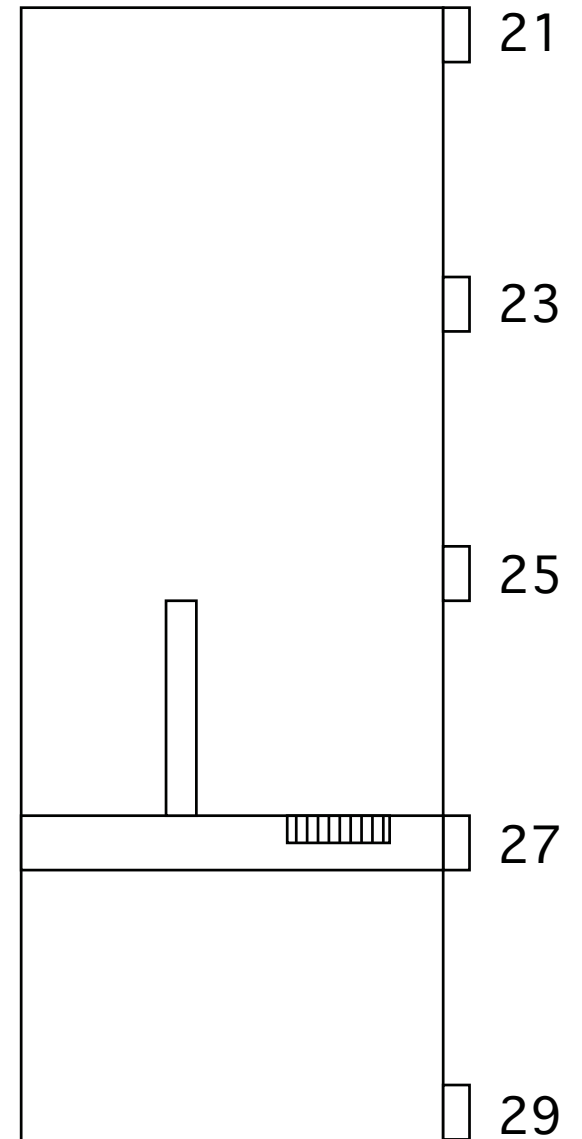
### Labblokaler:

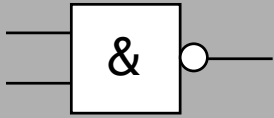
- Grinden
- Muxen 1-3

B-huset, ingång 27,  
1 tr, korridor C



**27**

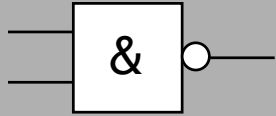




Nytt för kursen för i år:

- Distans, distans, distans...

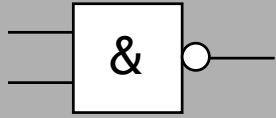




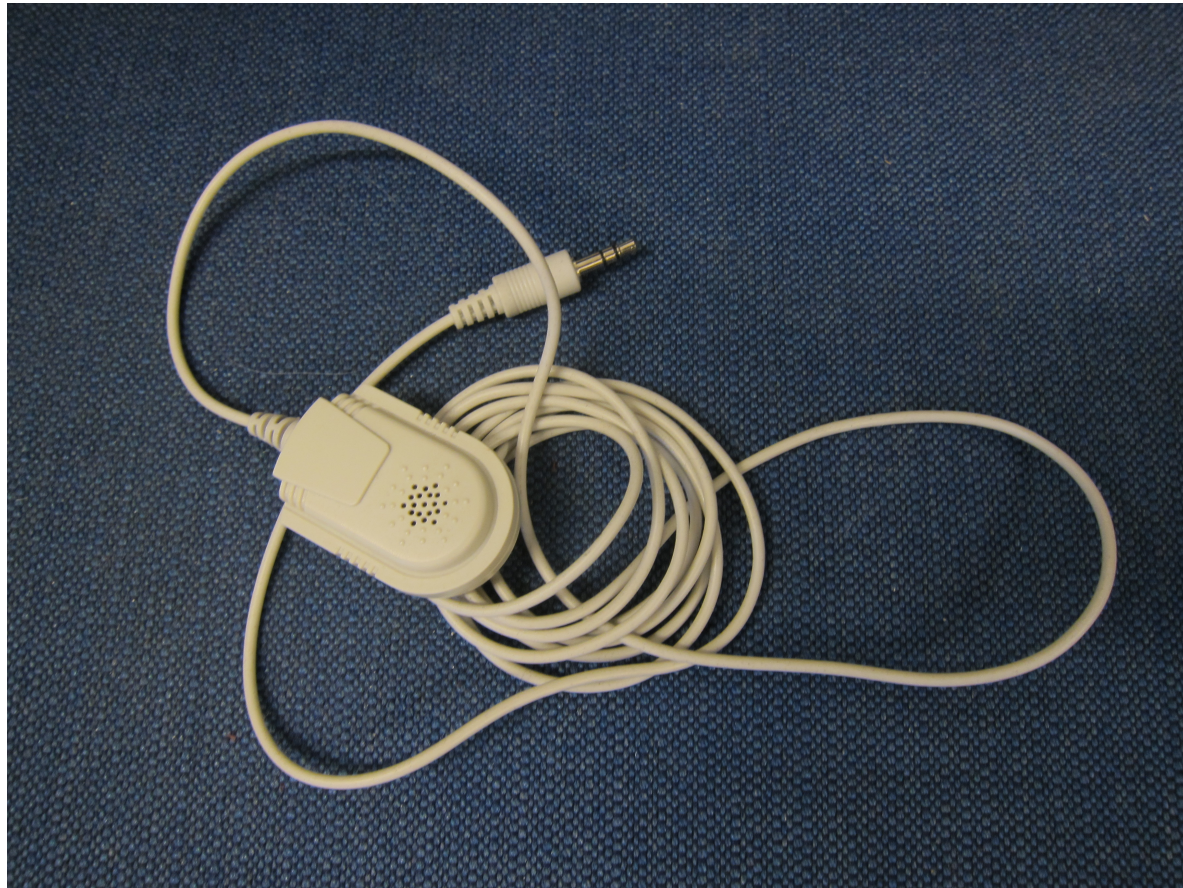
# Kan du bygga en dator?

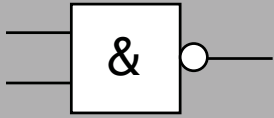


Jag menar hela vägen!



Digitalteknik? Men verkligheten är ju analog! Vad har det med digitalt att göra?

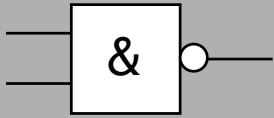




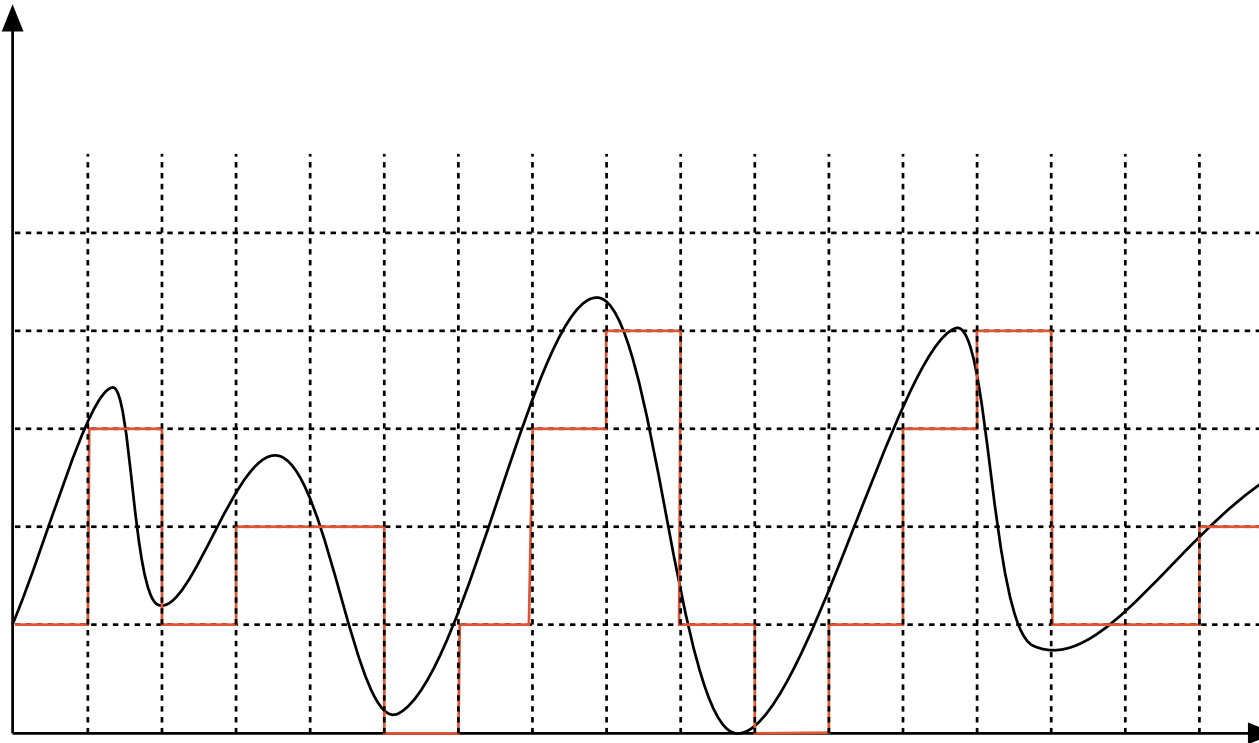
Analogt = störningskänsligt.  
Diskreta nivåer = stabilare

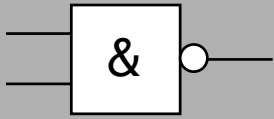
Diskretisera med en A/D-omvandlare





Tidsdiskret digital signal = en rad tal på väldefinierade tidpunkter.

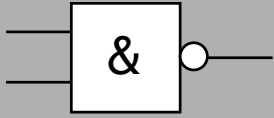




Digitala system = I grunden binära!

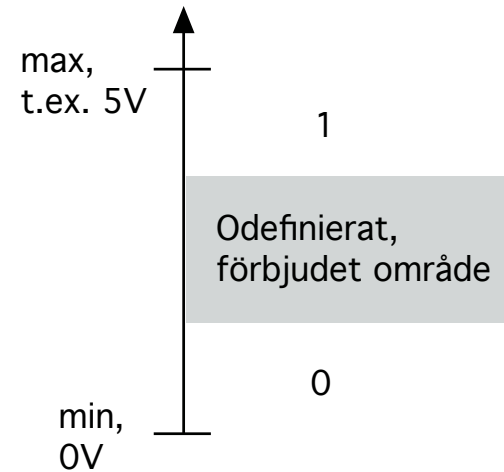
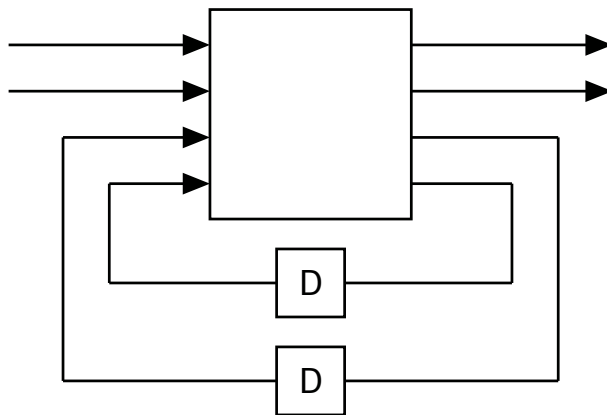
Allt byggs upp på binära grundkomponenter.  
Längst in är allt 1 eller 0.

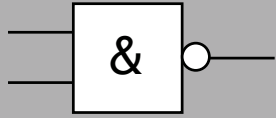
"Talen" förut bryts ner i 1 och 0.



Var kommer ettorna och nollorna från?

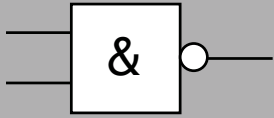
Spänningsnivåer!





Varför digitalt? Varför binärt?

- Deterministiskt, okänsligt för störningar
- "Över och under", två nivåer, enkelt att realisera.



# Talsystem

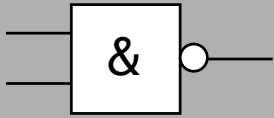
Decimala tal, talbas 10.

$$2021 = 2 \cdot 10^3 + 0 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 1 \cdot 10^0$$

Binära tal, talbas 2.

$$\begin{aligned} 2021_{10} &= 1024 + 512 + 256 + 128 + 64 + 32 + 4 + 1 = \\ &= 2^{10} + 2^9 + 2^8 + 2^7 + 2^6 + 2^5 + 2^2 + 2^0 = \\ &11111100101_2 \end{aligned}$$



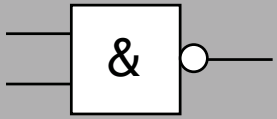


Hexadecimala tal, talbas 16.

$$2021_{10} = 7 * 16^2 + 14 * 16^1 + 5 * 16^0 = 7E5_{16}$$

Varje hexadecimal siffra motsvarar fyra binära.

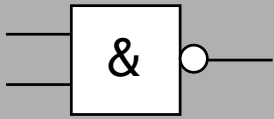
Kräver siffror över 9: 0123456789ABCDEF



Oktala tal, talbas 8

$$2021_{10} = 3 \cdot 8^3 + 7 \cdot 8^2 + 4 \cdot 8^1 + 5 \cdot 8^0 = 3745_8$$

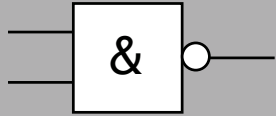
Varje oktal siffra motsvarar tre binära.



"Decimaler" en ren fråga om negativa potenser:

$$3.1416_{10} = 3*10^0 + 1*10^{-1} + 4*10^{-2} + 1*10^{-3} + 6*10^{-4}$$

$$10.010_2 = 1*2^1 + 1*2^{-2} = 2.25_{10}$$

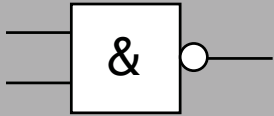


## Graykod

En kodvariant som oftast ses som en variant av binär kod. Kan dock trivialt appliceras på alla talbaser.

Säkrare i situationer där två siffror kan ändras med osäkerhet i tid så ett stort fel tillfälligt kan uppstå.

	BINÄR	GRAY
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000



Graykod i basen 10

Lättare att förstå?

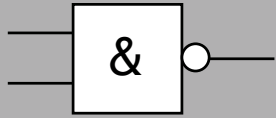
Räkna upp varannan gång, ner varannan.

Decimalt:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24...  
...98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112...

Decimal graykod:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 20 21 22 23 24...  
...96 95 94 93 92 91 90 190 191 192 193 194...



Binära koder närmare "verkligheten":

BCD:

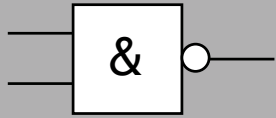
Decimala siffror, 4 bitar per siffra.

2021 = 0010 0000 0010 0001

ASCII:

Vanligt äldre textformat. Siffror, bokstäver och specialtecken, 7 bitar per tecken.

TWOTHOUSANDTWENTYONE = \$54 57 4f 54  
48 4f 55 53 41 4e 44 54 57 45 4e 54 59 4f  
4e 45

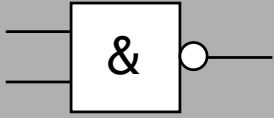


I datorsystem:

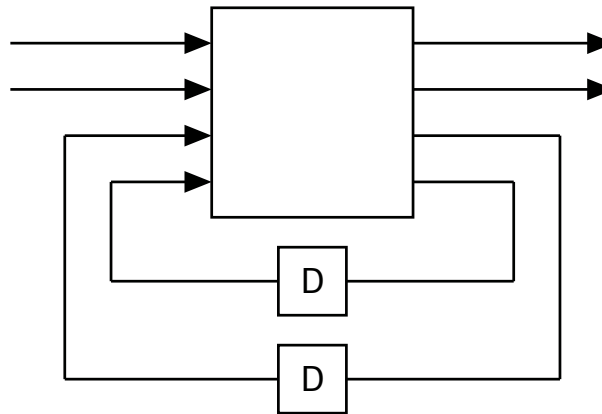
BCD används sällan. 4 bitar är för lite för att vara praktiskt. Lämpligast i mindre digitala kretsar.

8-bitarsgrupper vanligaste minsta gruppen ("ordet"). "Byte". Passar bra för ASCII. Minnesadressering sker typiskt på bytenivå.

16, 32 eller 64 bitars-ord vanligt.



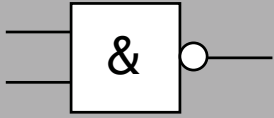
## Digitala komponenter



Integrerade kretsar av olika typer.

Tar elektriska, huvudsakligen binära eller grupper av binära, signaler in och ut.





## Integrerade kretsar av olika typer:

- Standardkretsar

Utför en förutbestämd funktion.

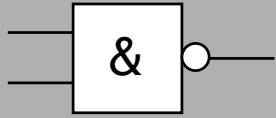
Enkla kretsar: Grindar, multiplexer, adderare...

Komplexa kretsar: Processorer, minnen...

- Kundenspecifiserade kretsar

PLD, FPGA...

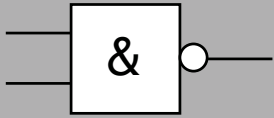
Funktionen bestäms i efterhand med programmering.



# Grindar

De enklaste, mest generella standardkretsarna.

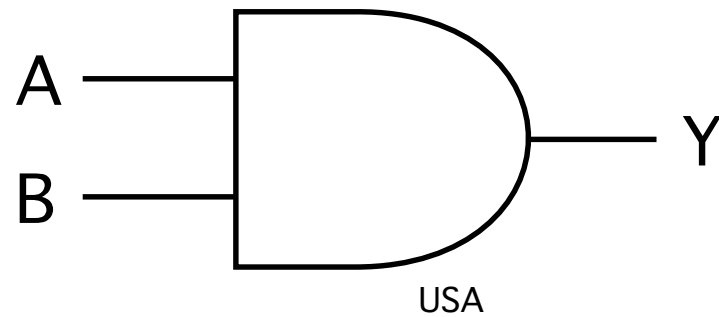
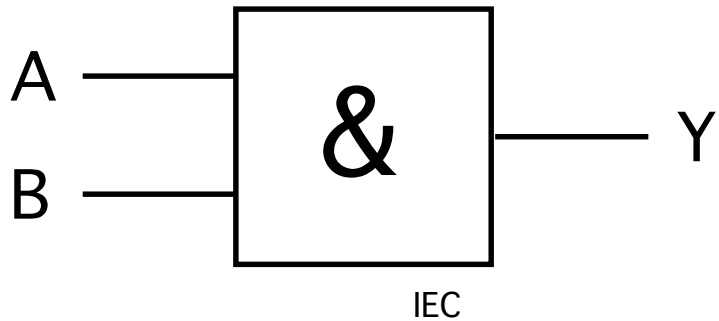
- Och (AND)
- Eller (OR)
- Inverterare (NOT)
- Icke-och (NAND)
- Icke-eller (NOR)
- Exklusivt eller (XOR)



# OCH-grunden

Sanningstabell

Logisk operation



A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$$Y = A \cdot B = AB$$

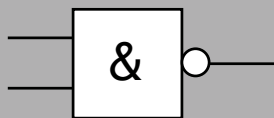
även:

$$Y = A \text{ and } B$$

$$Y = A \wedge B$$

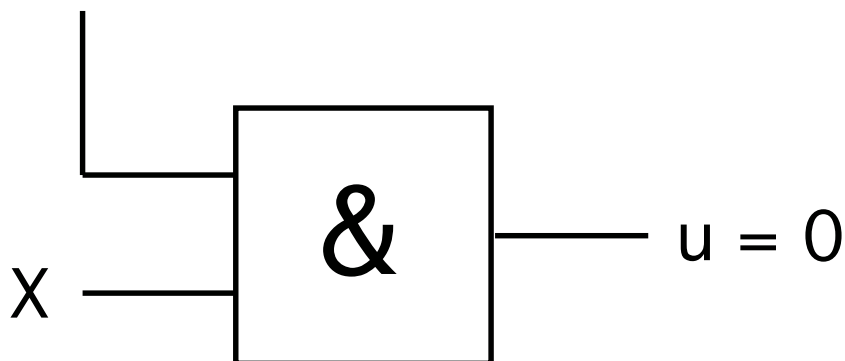
$$Y = A \& B$$

$$Y = A * B$$

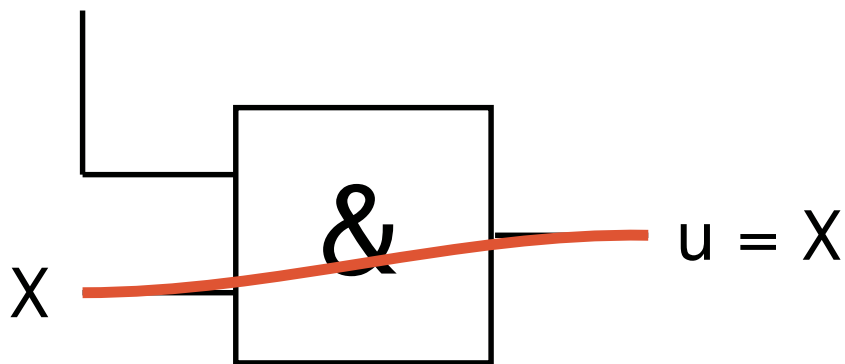


# "Grind"

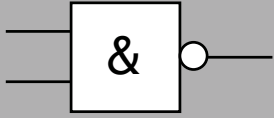
Styrsignal = 0 "stängd"



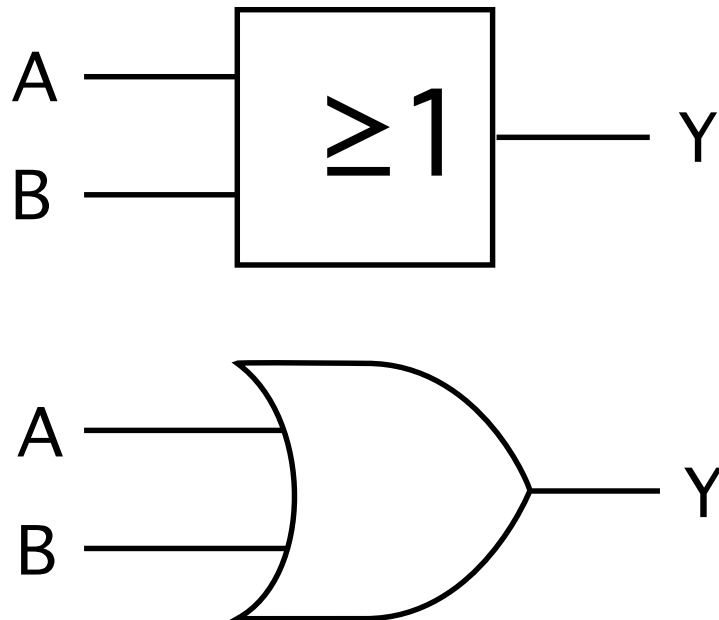
Styrsignal = 1 "öppen"



Bara ett sätt att se på saken. Du bestämmer betydelsen av  $A \cdot B$ .



# ELLER-grinden



Sanningstabell

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Logisk operation

$$Y = A + B$$

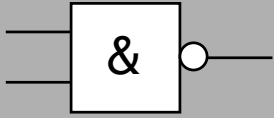
även:

$$Y = A \text{ or } B$$

$$Y = A \vee B$$

$$Y = A \mid B$$

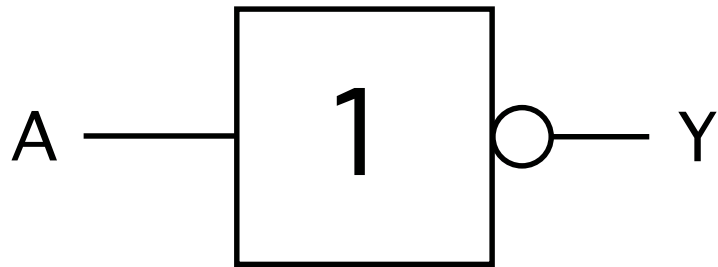
$$Y = A \# B$$



# Inverterare

Sanningstabell

Logisk operation



A	Y
0	1
1	0

$$Y = A'$$

även:

$$Y = \text{not } A$$

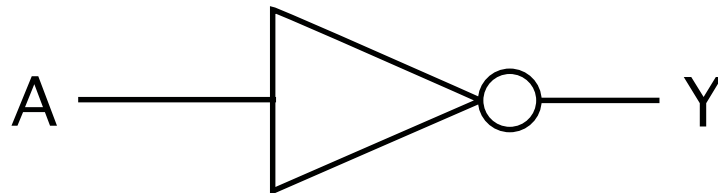
$$Y = \sim A$$

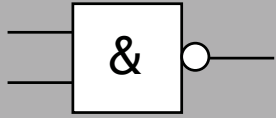
$$Y = !A$$

$$Y = /A$$

$$Y = \neg A$$

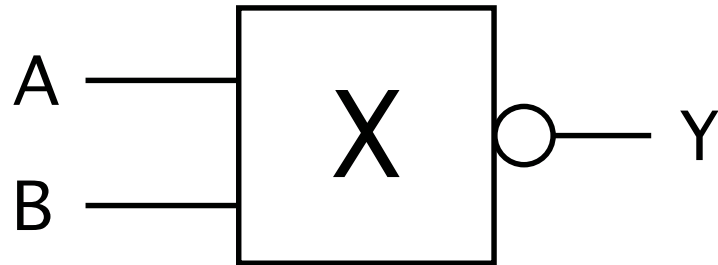
$$Y = \bar{A}$$





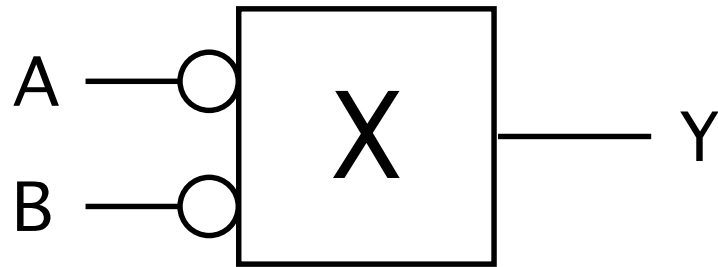
# Förenklad invertering

Det kan vara praktiskt att inte rita ut alla inverterare separat. Ring = invertering!

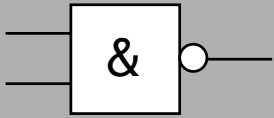


Logisk operation

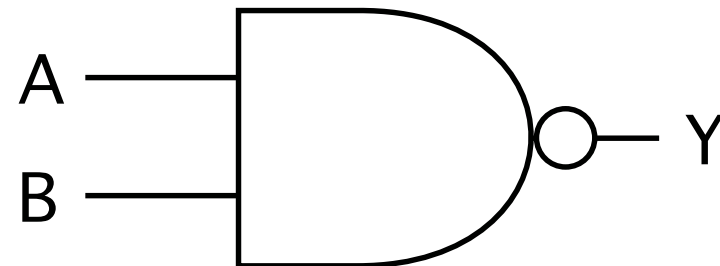
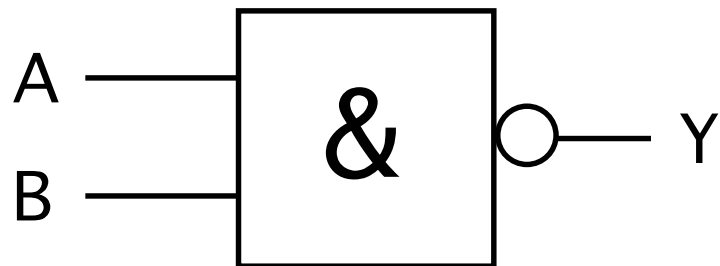
$$Y = (A X B)'$$



$$Y = A' X B'$$



# NAND-grinden (inverterad OCH)



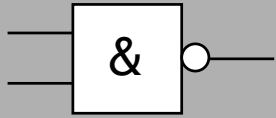
Sanningstabell

Logisk operation

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$Y = (AB)'$$

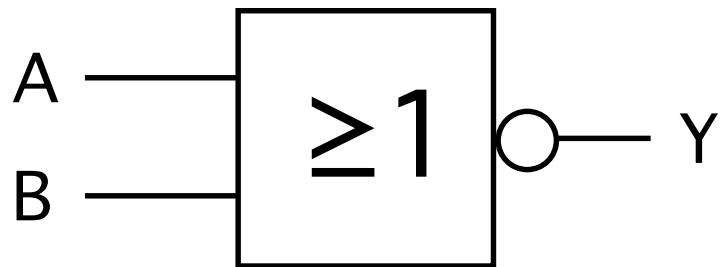




# NOR-grinden (inverterad ELLER)

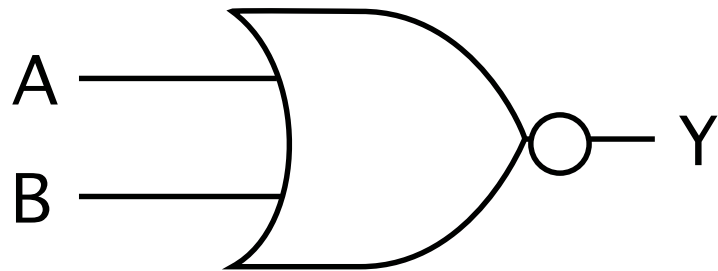
Sanningstabell

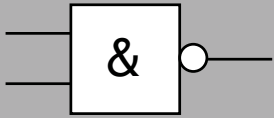
Logisk operation



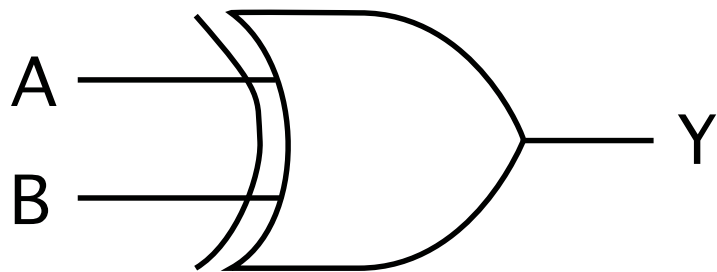
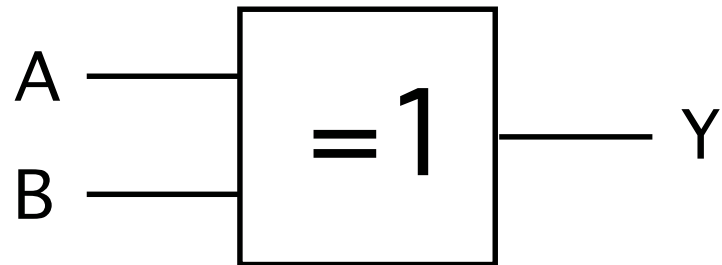
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

$$Y = (A + B)'$$





# XOR-grunden Exklusivt ELLER



Sanningstabell

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

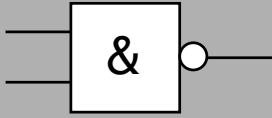
Logisk operation

$$Y = A \oplus B$$

eller

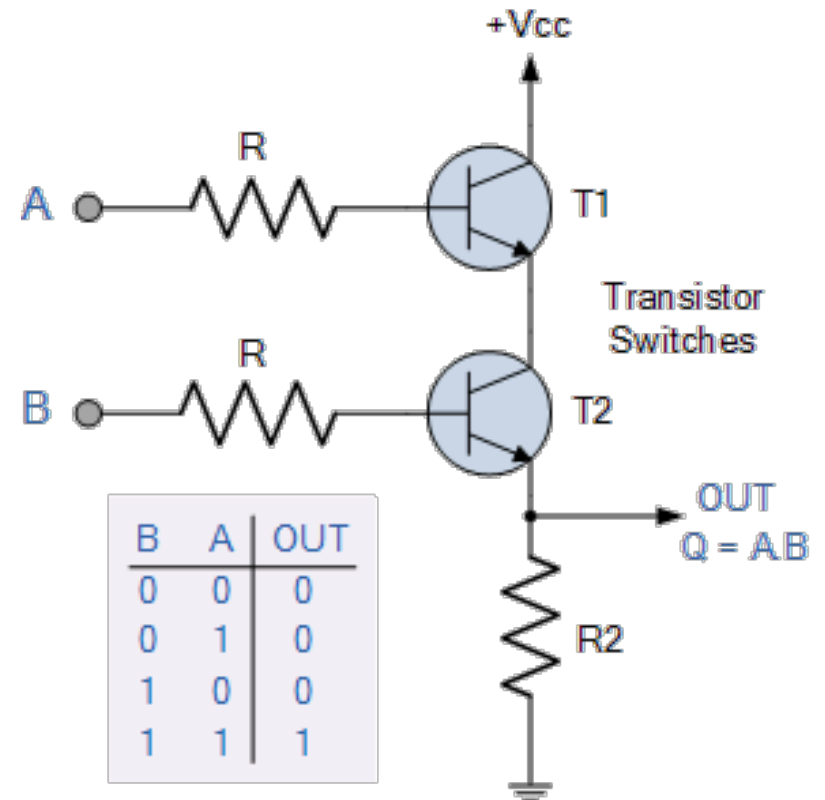
$$Y = A \text{ xor } B$$

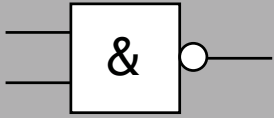
$$Y = A \wedge B$$



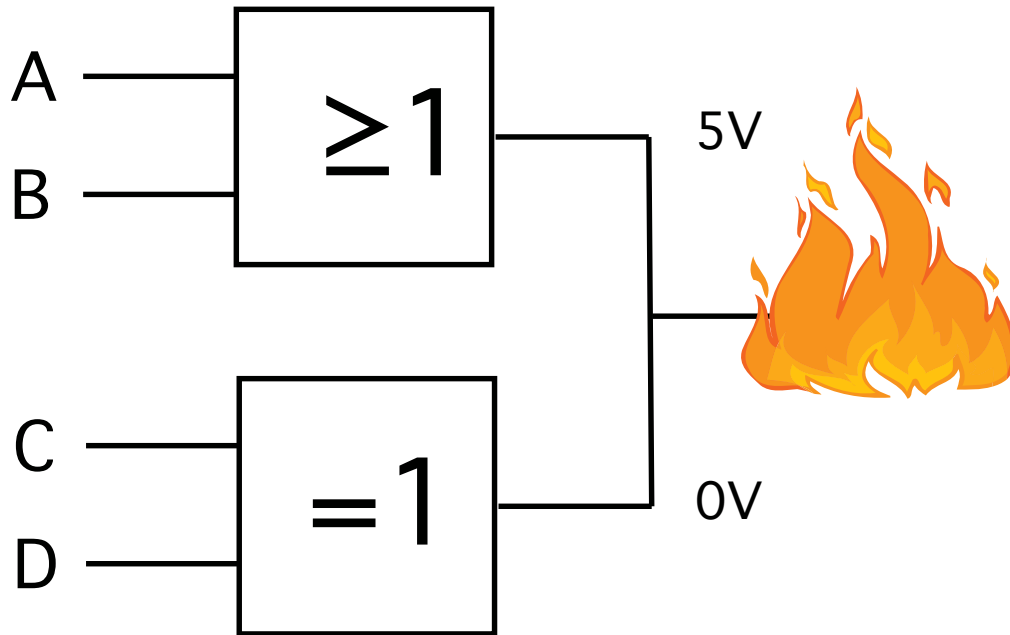
# Men hur fungerar de här sakerna inuti?

Digitala komponenter byggs av t.ex. transistorer:

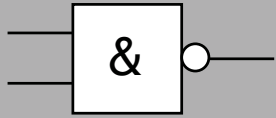




# Hopkoppling av utgångar är normalt förbjudet!

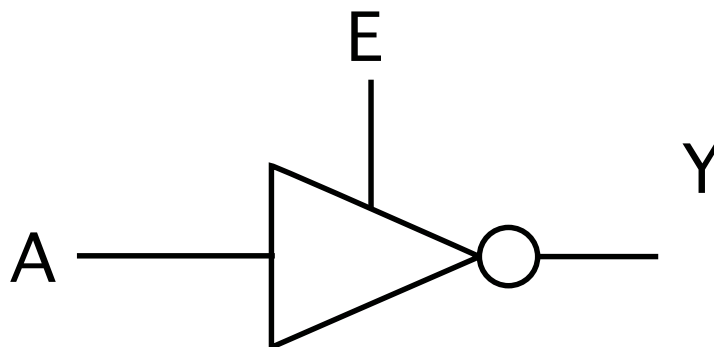
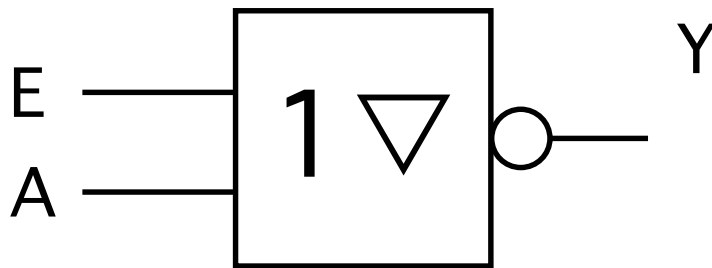


Du kopplar 5V till jord utan motstånd!



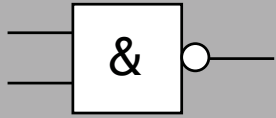
# Three-state-kretsar

Kretsar med tre möjliga tillstånd: 0, 1 och höghohmig! "Enable" (E) styr.



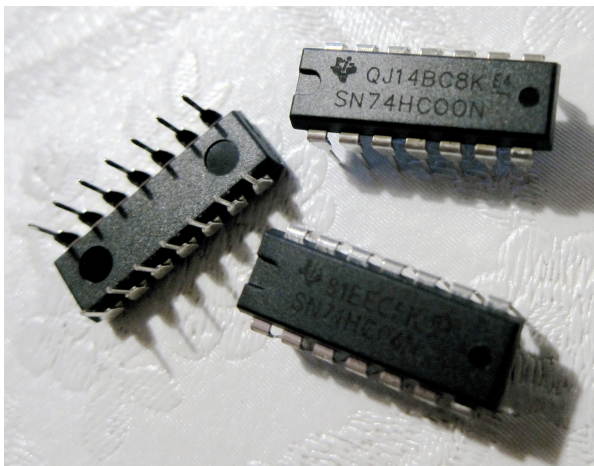
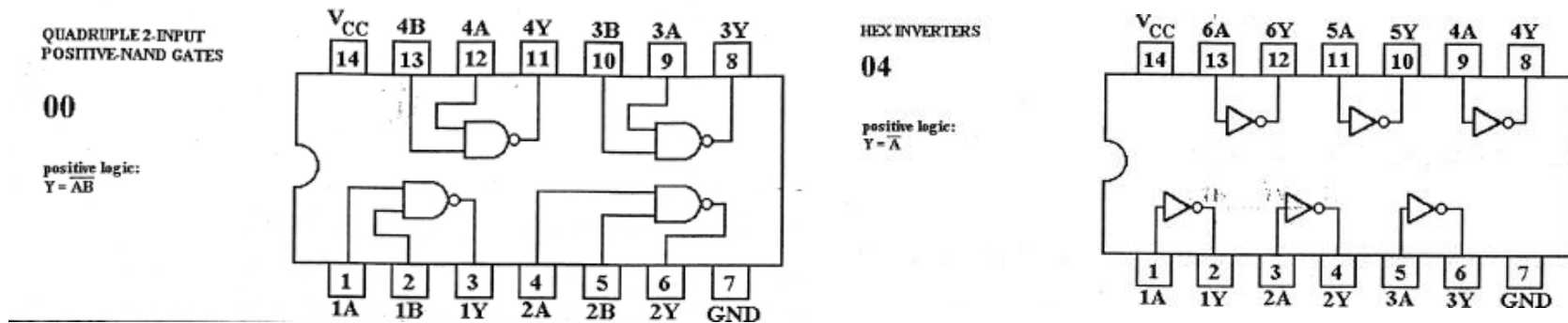
Sanningstabell

E	A	Y
0	0	Z
0	1	Z
1	0	1
1	1	0

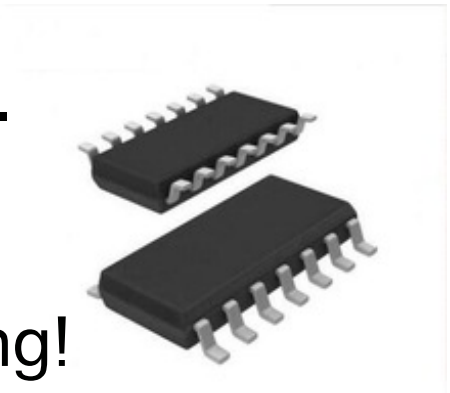


# Integrerade kretsar

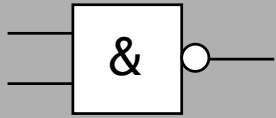
Exempel på "paketering" av grindar.



Vänster: Klassiska dual-in-line.  
Höger: Ytmonterade



Klumpiga? Beror på användning!



# NÄSTA FÖRELÄSNING

## Boolesk algebra