

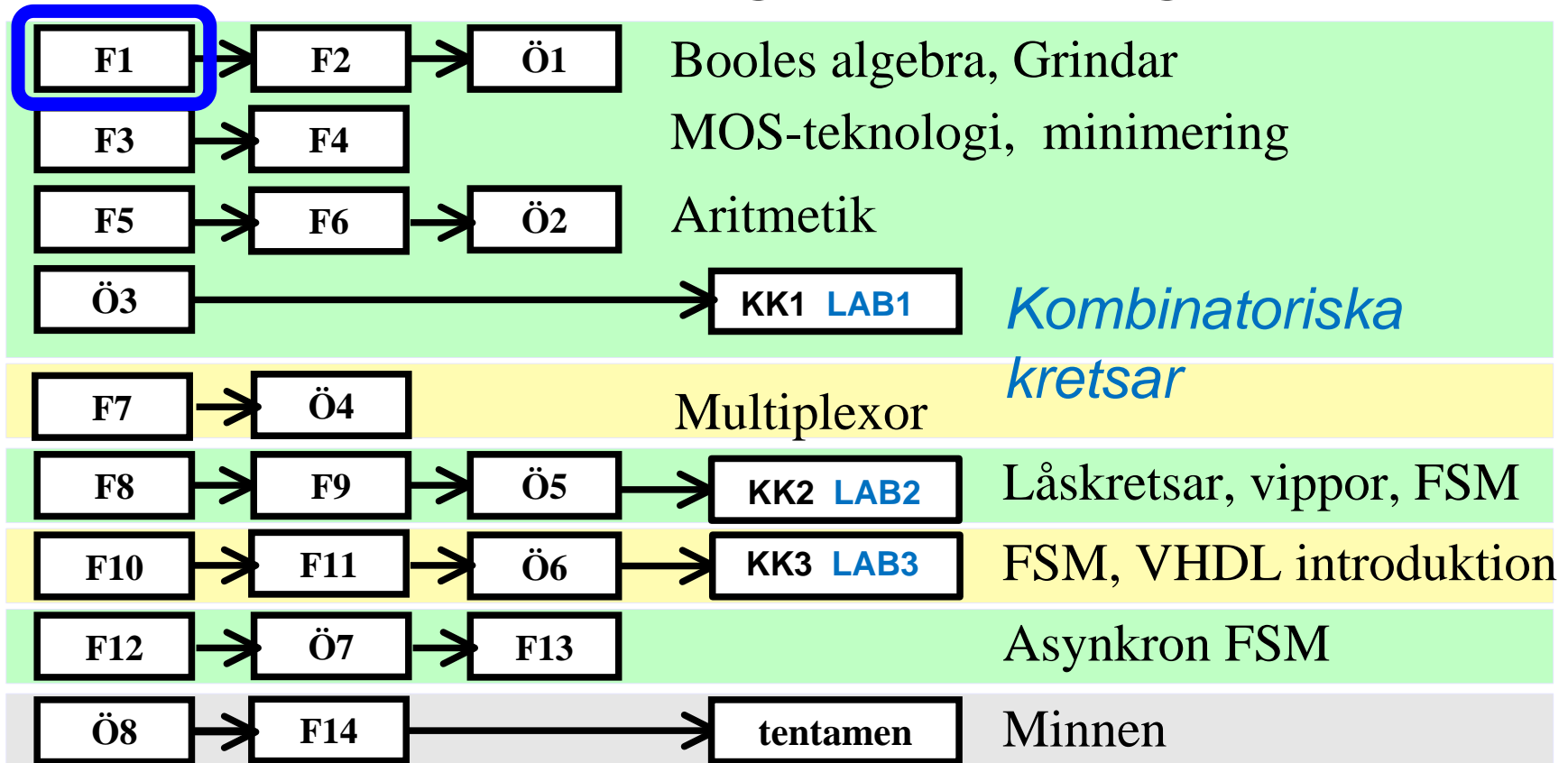
# Digital Design IE1204

Kursomgång för Högskoleingenjörsinriktningarna:  
**Datateknik, Elektronik och Datorteknik.**

**F1** Introduktion till  
Digitaltekniken

**william@kth.se**

# IE1204 Digital Design

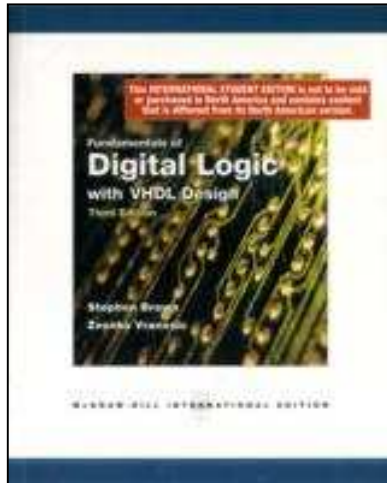


*Föreläsningar och övningar bygger på varandra! Ta alltid igen det Du missat!  
Läs på i förväg – delta i undervisningen – arbeta igenom materialet efteråt!*

# Kursens mål

- **Introducera studenterna till engelska och engelsk kurslitteratur**
  - *Nästan all relevant litteratur inom ämnet är på engelska*
  - *Engelska är arbetsspråk i alla större svenska internationella bolag*
  - *Att tala engelska (någorlunda) flytande är en förutsättning för en framgångsrik karriär som ingenjör*

# Lärobok på engelska



Brown/Vranesic, ***Fundamentals of Digital Logic with VHDL Design*** (3rd edition), Mc-Graw-Hill, 2009 (Kårbokhandeln)

( *Eller om Du så vill, kan Du använda en annan lärobok som är på svenska.*  )





*Tag chansen – två övningsgrupper  
hålls på engelska!*



Sverige är litet. Allt roligt inom  
**Digitaltekniken** händer på engelska!

# *Två övningsgrupper på engelska!*

Doktorand ***Awet Weldezion*** (AW), övningsgrupp på engelska. Första övningen 4/11 15-17 i **sal 304** 

Doktorand ***Shaoteng Liu*** (SL), övningsgrupp på engelska. Första övningen 5/11 08-10 i **sal 303** 

Doktorand ***Kathrin Rosvall / Johnny Öberg*** (KR),  övningsgrupp på svenska. Första övningen 4/11 15-17 i **sal 303**.

Lärare ***William Sandqvist*** (WS), övningsgrupp (304) på svenska. Första övningen 5/11 08-10 i **sal 304** 

*Första övningen – vi har valt  
grupp åt dig – därefter, välj själv*

Du ser vilken grupp vi slumpat dig  
till i Daisy – men Du vet bättre än  
slumpen till den nästa övningen.

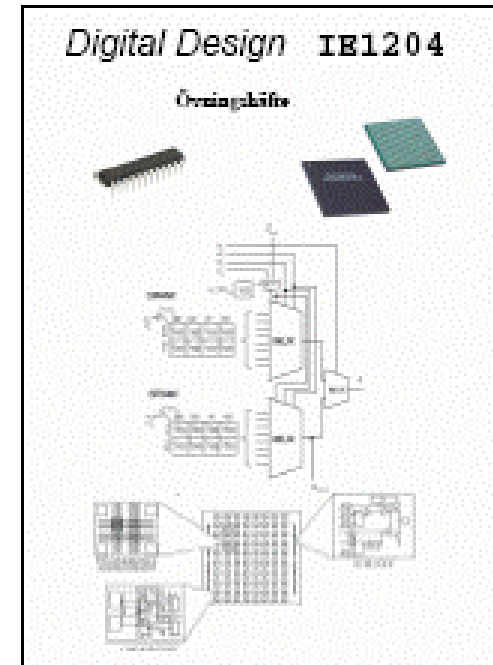
# Övningshäfte

Vid övningarna tar vi uppgifter från ett övningshäfte (svensk text).

Du laddar ned häftet från kurswebben.

- **Föreläsningspresentationer** finns att ladda ned från kurswebben.
- **Övningspresentationer** finns att ladda ned från kurswebben.

( Observera att övnings-assistenterna är fria att lösa uppgifterna på annat sätt ).





# Laborationer

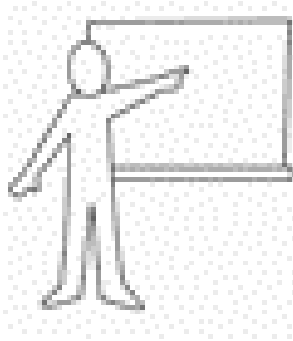
***Observera! Ett mycket omfattande förberedelsearbete krävs inför laborationerna!***

- **Kombinatoriska kretsar**
- **Sekvens kretsar**
- **VHDL intro**

*Labhäften finns att ladda ner från kurswebben, eller att köpa tillsammans med övningshäftet.*

För att få laborera måste Du ha gjort ditt **kunskapskontrollhäfte** före varje lab (=100%), och gjort alla **förberedelseuppgifter** ( $\approx 99\%$ ).

# Muntlig presentation inför gruppen



Den här ikonen i lab-häftena betyder att Du kan bli utlottad att få presentera denna förberedelseuppgift muntligt inför gruppen vid laborationen. Om din lab-assistent är engelskspråkig så försöker Du på engelska.

Det hela är en nyttig övning, i din kommande yrkesroll kommer detta hända ofta.

***Glöm inte bort att här är Du bland vänner. Ingen sömnlös natt över detta.***

# Kunskapskontroll inför lab

Inför laborationerna har vi kunskapskontroller. Du kan göra denna på webben när som helst, och prova att svara på frågorna hur många gånger som helst.

Därför kräver vi **alla rätt!**

- För att få utbyte av laborationerna måste Du ha tillräckliga förkunskaper.

- När Du gör kunskapskontrollerna så läser Du samtidigt in viktiga kursavsnitt inför tentamen. Alla vet att tentamensveckan *inte* räcker till för detta.

# Kunskapskontroll inför lab

Välj rätt **frågehäfte** – det med ditt nummer!

<a href="#">DDA-201</a>	<a href="#">DDA-202</a>	<a href="#">DDA-203</a>	<a href="#">DDA-204</a>	<a href="#">DDA-205</a>
<a href="#">DDA-206</a>	<a href="#">DDA-207</a>	<a href="#">DDA-208</a>	<a href="#">DDA-209</a>	<a href="#">DDA-210</a>
<a href="#">DDA-211</a>	<a href="#">DDA-212</a>	<a href="#">DDA-213</a>	<a href="#">DDA-214</a>	<a href="#">DDA-215</a>
<a href="#">DDA-216</a>	<a href="#">DDA-217</a>	<a href="#">DDA-218</a>	<a href="#">DDA-219</a>	<a href="#">DDA-220</a>
<a href="#">DDA-221</a>	<a href="#">DDA-222</a>	<a href="#">DDA-223</a>	<a href="#">DDA-224</a>	<a href="#">DDA-225</a>

SP-form

	00	01	11	10
0	1	1	1	1
0	0	1	0	0
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Tecken

$f = [0] + [0] + [0] + [0]$

Tryck på knappen för att beräkna din svarskod. Du kan skriva ner ditt svar efter sådredningen.

a) Karnaughdiagram SP-form, svarskod
Calculate
Svarskod

*Länk till svarssidan ...*

**Bundle: [DDA-201](#)** 

( Klicka på länken för att öppna svarssidan! )

*Länk till användbara kurssidor*

[Hjälp?](#) 

## Svarssidan.

När svaret är det rätta bockas rutan av och tas bort.

När alla rutor i hela kunskapskontrollen blivit avbockade är man klar.

The image shows a screenshot of a web interface with a navigation menu on the left and a question page on the right. The navigation menu consists of three items, each with a red 'x' icon and a blue link: 'DDA-001', 'Excercise 1', and 'Excercise 1'. The question page shows the breadcrumb 'DDA-001 / Excercise 1 / Question 1' and a red 'x' icon next to 'Question 1'. Below the breadcrumb, there are four multiple-choice options labeled a), b), c), and d). Option a) is selected and marked as 'Correct answer.' with a green checkmark. Below each option is an empty text input field. At the bottom of the page is a 'Submit' button.

DDA-001

Excercise 1

Excercise 1

Excercise 1

DDA-001 / Excercise 1

Question 1

DDA-001 / Excercise 1 / Question 1

a)

✓ Correct answer.

b)

c)

d)

Submit

# Vi kontrollerar om Ditt nummer registrerats

Innan laborationerna kontrollerar vi om Ditt kk-nummer registrerats. Kontrollera därför själv att Din bunt har bockar för alla delskrivningar.

Blir Du sedan *inte* klar med labförberedelserna i tid ska Du boka av din labtid så att någon annan kan få den.

- • •
- ✓ [E3a-001](#)
- ✓ [E3a-002](#)
- ✗ [E3a-003](#)
- ✓ [E3a-004](#)
- ✓ [E3a-005](#)
- ✓ [E3a-006](#)
- ✓ [E3a-007](#)
- ✓ [E3a-008](#)
- ✓ [E3a-009](#)
- ✗ [E3a-010](#)
- ✓ [E3a-011](#)
- • •

# Kan man lura systemet?

Kan man "lura" systemet?

- Nej det är ju automatiskt och "bryr sig därför inte om hur Du gör" så själva systemet blir *inte* lurat, ***det är alltid dig själv Du lurar.***

Nog finns det mål  
och mening i vår färd  
- men det är **vägen**,  
som är **mödan värd.**



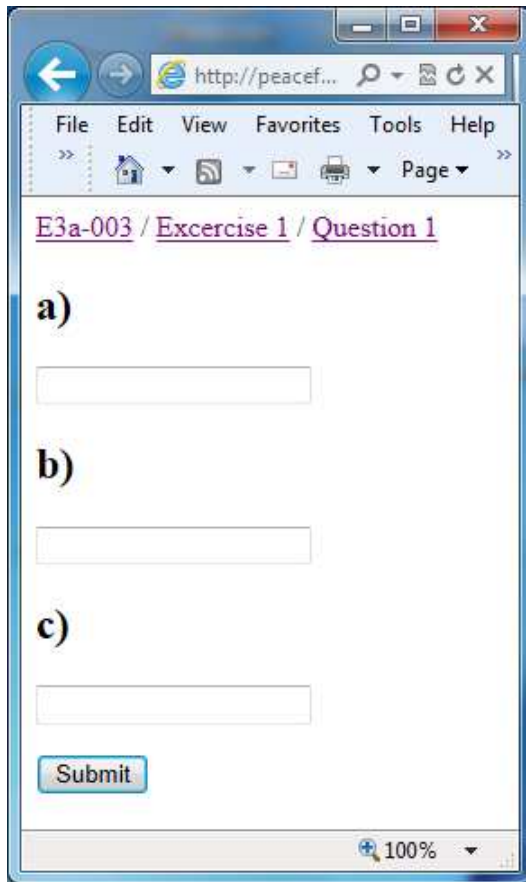
# Hjälper varningstexter?



- Hur är det? Har alla problem upphört i och med varningstexterna?



# Hjälper varningstexter?



The screenshot shows a web browser window with the address bar containing "http://peacef...". The browser's menu bar includes "File", "Edit", "View", "Favorites", "Tools", and "Help". Below the menu bar, there are navigation icons and a "Page" dropdown. The main content area displays the URL "E3a-003 / Exercise 1 / Question 1" and three multiple-choice options labeled "a)", "b)", and "c)", each followed by an empty text input field. At the bottom of the form is a "Submit" button. The browser's status bar at the bottom right shows "100%" zoom level.

Att ge "Rätt svar" utan att *själv* ha utfört *alla* beräkningar kan verka **fördummande!**

*Tveksamt om varningstexter hjälper, men trots det så försöker vi ...*

# Kursregistrering

- **Du blir registrerad på kursomgången när Du presterat ”något” i kursen.**

**För de flesta blir detta när de gör kunskapskontrollen inför Lab1.**

**( Är det viktigt för dig att bli registrerad snabbt – gör kunskapskontrollen snabbt! )**

# Boka lab-tider i DAISY

Slumpvald övningsgrupp (gäller första övningen)

Kunskapskontroll  
kk-nummer

124 deltagare, 122 saknar kursregistrering

Efternamn	Förnamn	E-post	Program	Kull	Noteringar	Grupp
Aukland	Patrik	pauckland@kth.se	TIDAB	HT2011	Ej registrerad	a,kk-201
Aleksandrian	Armen	arame@kth.se	TIDAB	HT2011	Ej registrerad	a,kk-202
Almqvist	Hussein	alhmquist@kth.se	TIEDB	HT2011	Ej registrerad	b,kk-203
Al	Rubi	rubial@kth.se	TIDAB	HT2011	Ej registrerad	d,kk-204
Almqvist	Pascha	pascha@kth.se	TIDAB	HT2011	Ej registrerad	c,kk-205

Gör **först** kunskapskontrollen – välj sedan någon av de lediga bokbara labtiderna.

Anmälan till  
labtider för **Lab1**  
är öppen

Gruppindelningar					
	Namn	Antal grupper	Studenter/Grupp	Status	Anmälda
	Lab3	4	31	Anmälan stängd	0
	Lab2	4	31	Anmälan stängd	0
	LabX	1	31	Anmälan stängd	0
	Ö-grp	4	31	Anmälan stängd	125
	kk_nr	200	1	Anmälan stängd	125
	Lab1	4	31	Anmälan öppen	1

William Sandqvist william@kth.se

William Sandqvist [william@kth.se](mailto:william@kth.se)

# Högskolestudier – eget ansvar

**Planera** den tid Du lägger på kursen.

- Närvaro på föreläsningar/lektioner är *inte obligatorisk* – *planera*.
- Till laborationerna hör obligatorisk kunskapskontroll på webben – *planera*.
- Till laborationerna hör obligatoriska förberedelse-uppgifter – *planera*.

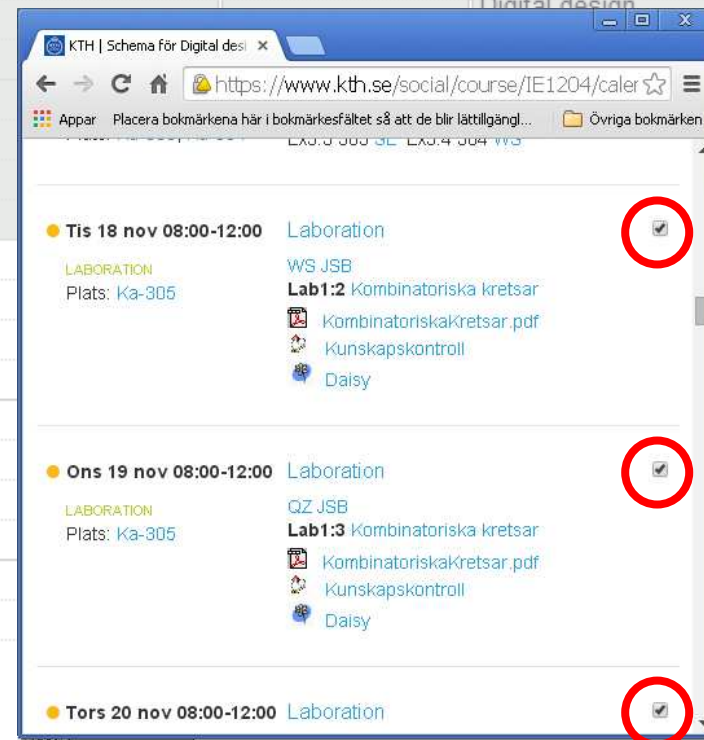
Vecka 47 2014

	Mån 17 Nov	Tis 18 Nov	Ons 19 Nov	Tors 20 Nov	Fre 21 Nov
08:00	08:00 - 12:00 ● Laboration - Digital design (IE1204) Ka-305	08:00 - 12:00 ● Laboration - Digital design (IE1204) Ka-305	08:00 - 12:00 ● Laboration - Digital design (IE1204) Ka-305	08:00 - 12:00 ● Laboration - Digital design (IE1204) Ka-305	
09:00	Se beskrivning	Se beskrivning	Se beskrivning	Se beskrivning	
10:00					
11:00					
12:00					12:00 ● Föreläsning - Digital design
13:00	13:00 - 15:00 ● Laboration - Digital design (IE1204) Ka-303, Ka-304				
14:00	Se beskrivning				

# Använd schemat på KTH Social!

När Du Bokar en av labb-tiderna – blir de  
övriga ledig tid för  
andra studier

Anpassa  
schemat så att bara det  
som är aktuellt  
för dig visas



# Studieteknik

- **Läs på översiktligt i förväg.** Gå igenom presentationerna i förväg. Förmodligen verkar mycket då oklart, anteckna de frågor och de funderingar Du har.
- **Ställ frågorna** på lektionen/föreläsningen.  
”Missar” Du lektionen utgår vi alltid ifrån att du tar igen materialet genom att läsa själv hemma.
- **Läs noggrant efteråt.** Gå noggrant igenom presentationerna efteråt. Gå igenom exemplen själv utan att snegla för mycket på lösningarna.
- **Lös uppgifterna i övningshäftet.** Till alla uppgifterna finns lösningsförslag. Kör Du fast snegla på lösningarna, men kom ihåg att Du övar för tentamenssituationen – utan lösningar!

William Sandqvist [william@kth.se](mailto:william@kth.se)



# Kursens mål

- Att lära ut de teoretiska grunderna för analys och konstruktion av kombinatoriska och sekventiella kretsar
- Att genom praktisk problemlösning ge en förståelse för de olika design-/konstruktionsfaserna i syfte att kursdeltagarna ska behärska konstruktion av enkla kombinatoriska och sekventiella digitala system

# Examination

LABA 3.5 hp

- betyg: P/F

TENA 4.0 hp

- betyg: A-E/F

Tentamen har tre delar: del **A1** och del **A2** samt del **B**. Del A2 och del B rättas bara om man är godkänd på del A1. För att bli godkänd på tentamen krävs poäng från både A1 och A2.

**Tentamen i Kista lördag 15/1-2015 09-13.**

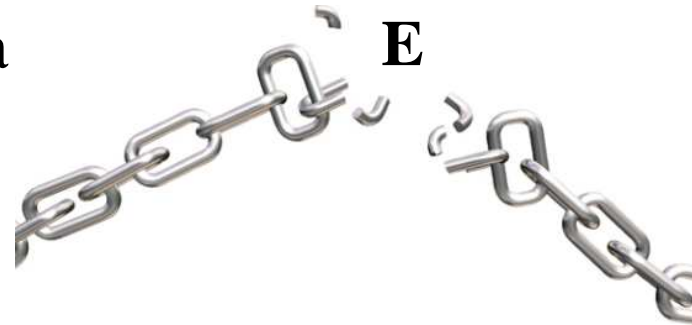
**Obligatorisk anmälan i DAISY!**

William Sandqvist [william@kth.se](mailto:william@kth.se)

# Examination

Satsa *inte* på betyget **E**! Det är naturligtvist godkänt, men betyder förmodligen att Du saknar massor av nyttiga kunskaper som är viktiga för kommande kurser.

Kurserna följer på varandra  
som länkarna i en kedja.  
Kedjan brister vid den  
svagaste länken.

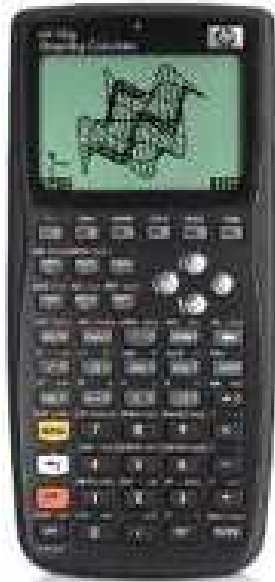


# Översikt, kursinnehåll

- **Specifikation av digitala funktioner och system**
- **Digitala byggelement**
- **Kombinatoriska system**
- **Digital Aritmetik**
- **Synkrona system och tillståndsmaskiner**
- **Asynkrona system och tillståndsmaskiner**
- **Lite större digitala system – om processorn och datorer**  
*VHDL ingår inte i någon större utsträckning  
– eftersom det är en hel kurs i sig.*

William Sandqvist [william@kth.se](mailto:william@kth.se)

# Digital Design IE1204



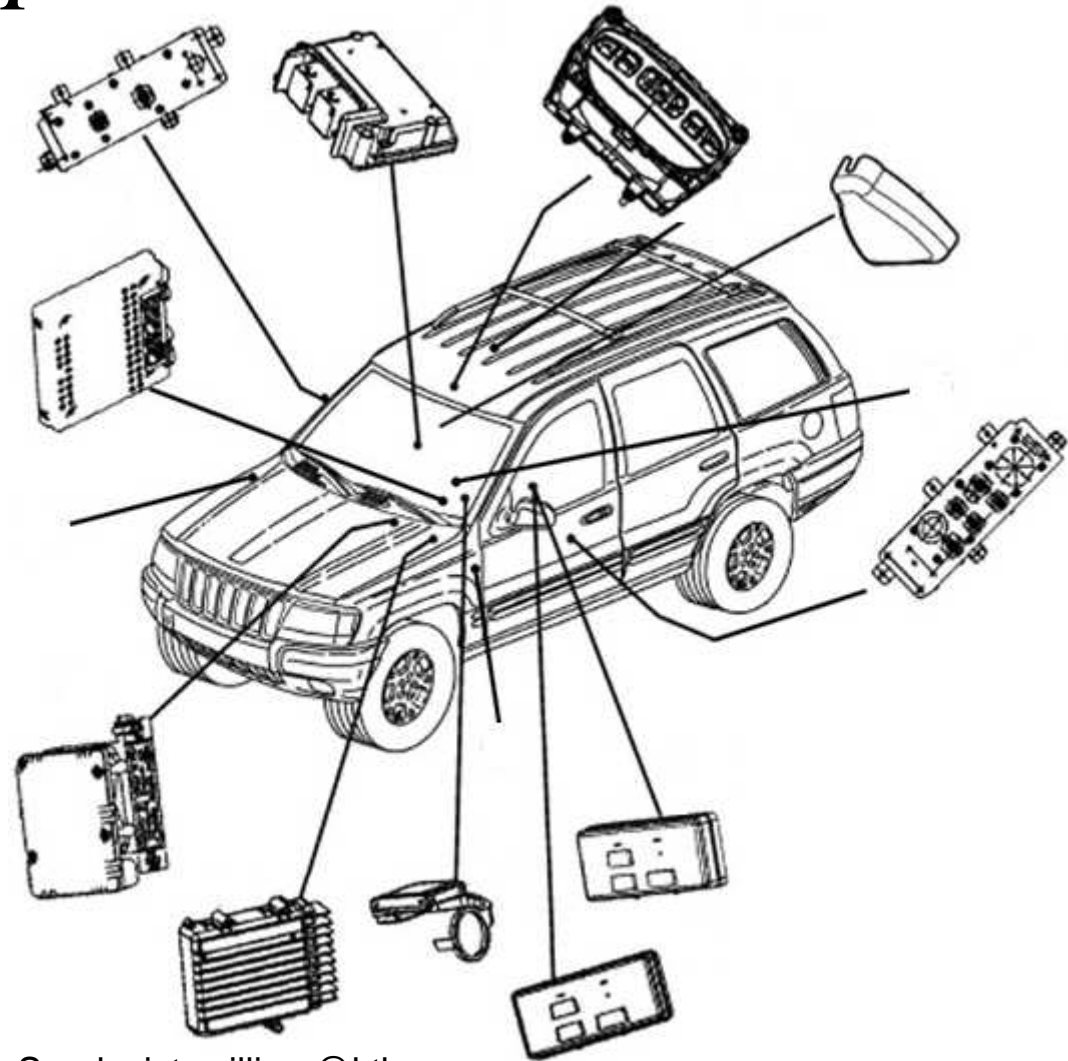
*Digital Design*  
**Överallt!**



William Sandqvist [william@kth.se](mailto:william@kth.se)

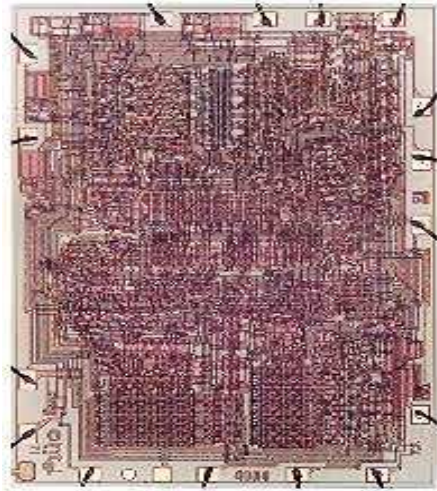
# *40-100 mikroprocessorer i en bil!*

- Ignition system
- Emission control system
- Anti-lock brakes
- Dashboard display
- Entertainment system
- Navigation system
- ...

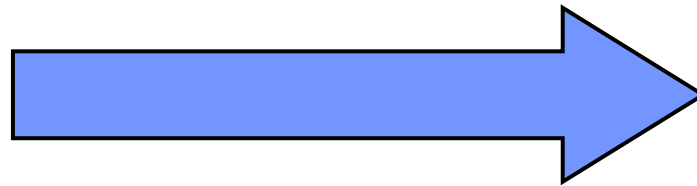


# Utvecklingen av elektroniken

Intel 4004  
(1971)

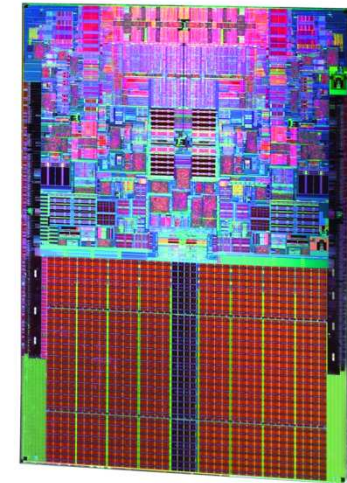


108 KHz  
2,300 transistorer



3.0 GHz  
820 millioner transistorer

Intel Xeon 5400  
(2008)



Om man hade haft motsvarande utveckling för **bilhastigheten** så skulle man nu kunna köra från **San Francisco** till **New York** på ca 13 sekunder (Intel).



# Varför är digitaltekniken så framgångsrik?

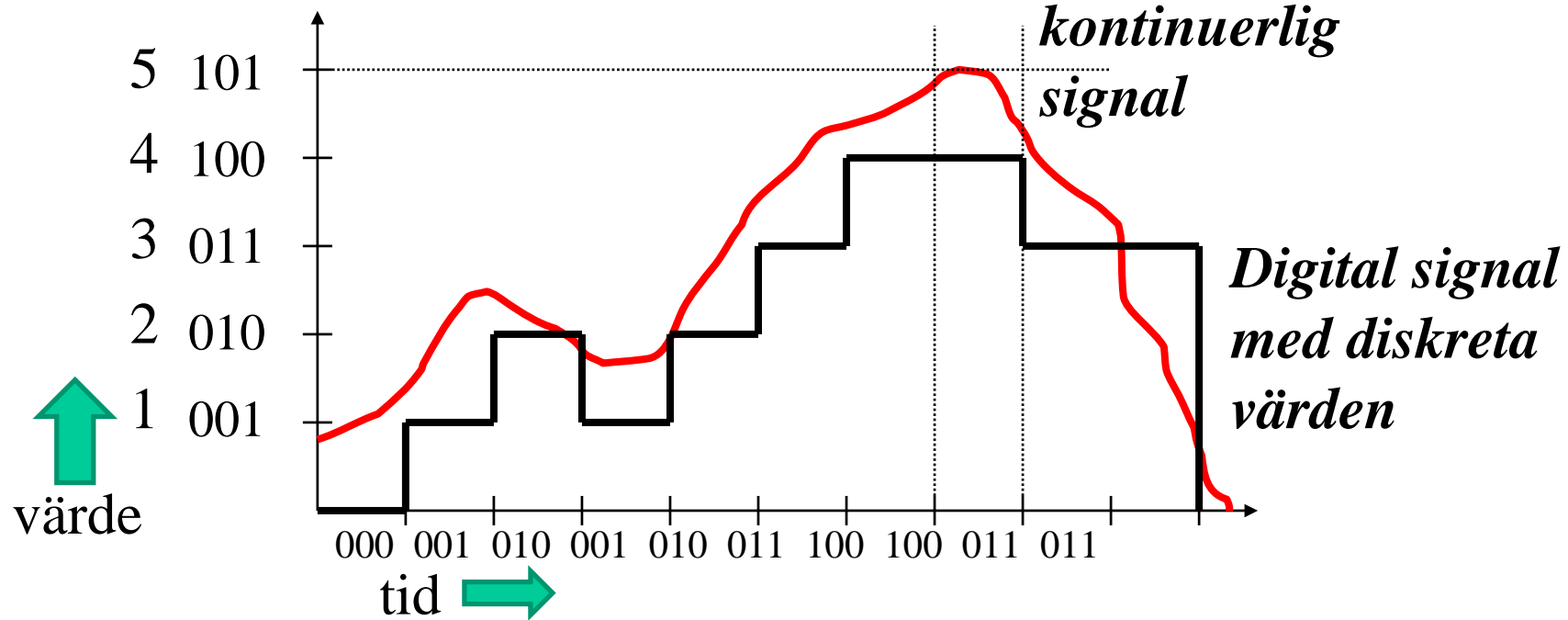


# Enkelhet, störningssäkerhet

- **Enkel** matematisk modell
  - med bara 1:or och 0:or som värden
  - Boolesk algebra
- **Störningsokänslig, effektiv implementering** av den matematiska modellen
  - Transistorer – Integrerade kretsar
  - Framsteg i halvledarteknologin
- Effektiva **designmetoder** och **verktyg**

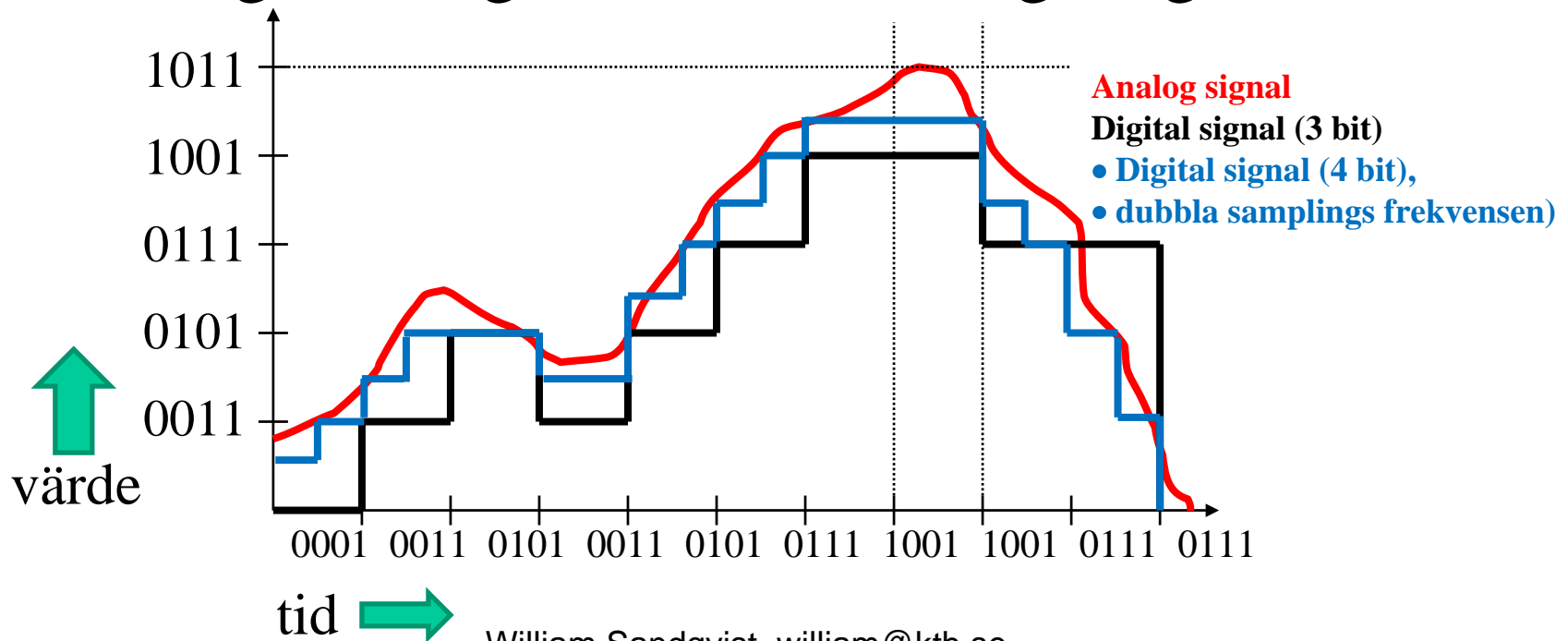
# Analoga eller Digitala signaler?

En analog signal kan anta *kontinuerliga* värden, medan en digital signal bara kan anta *diskreta* värden ( här 0...5 )

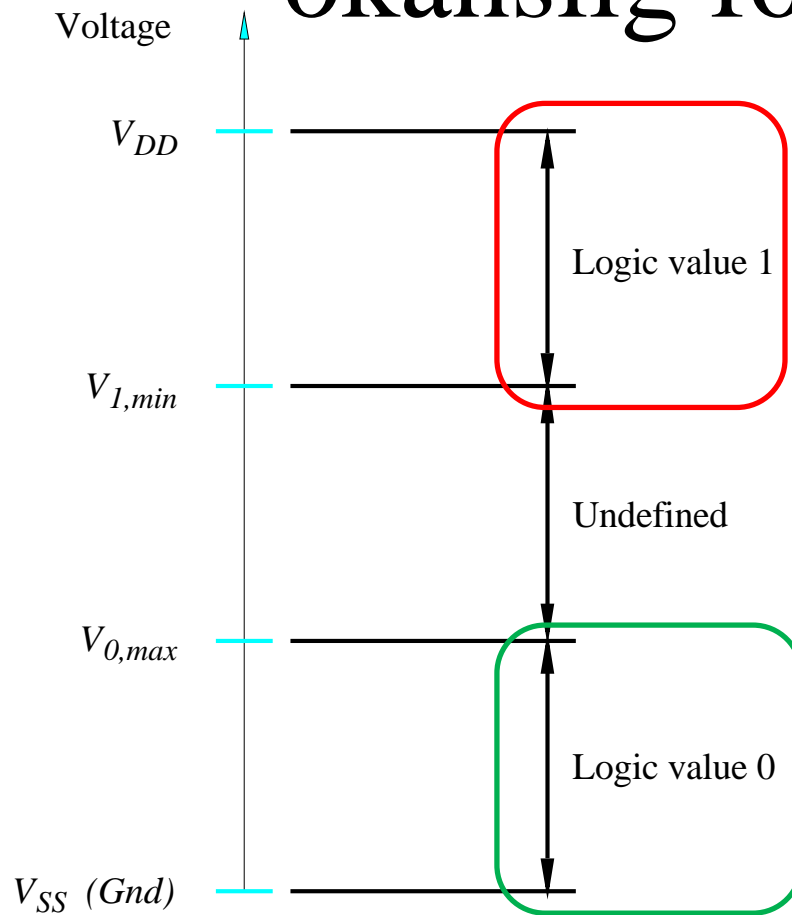


# Digitalt borde vara sämre?

Men har man tillräckligt *många* bitar och tillräckligt *hög* samplingsfrekvens *efterliknar* den digitala signalen den analoga signalen

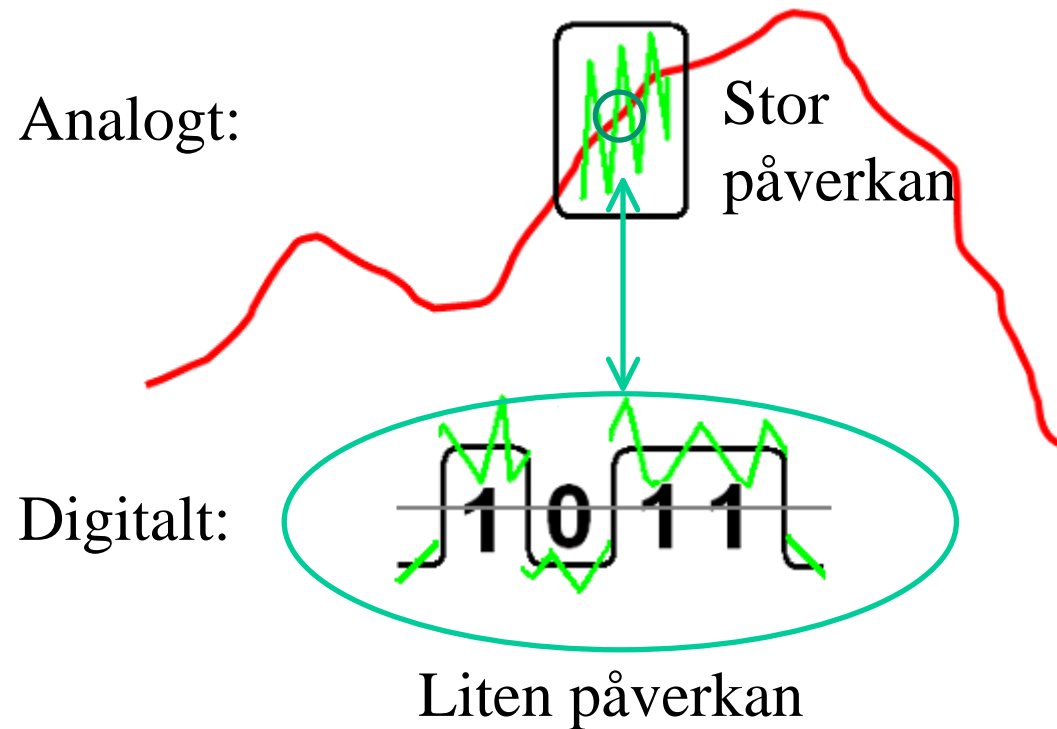


# Digitaltekniken är mycket okänslig för störningar



- Det är inte bara ett spänningsvärde som översätts som 1 eller 0 utan ett helt spänningsområde
- En störning om några mV kan påverka värdet på en analog signal mycket, men gör ingen skillnad inom digitaltekniken

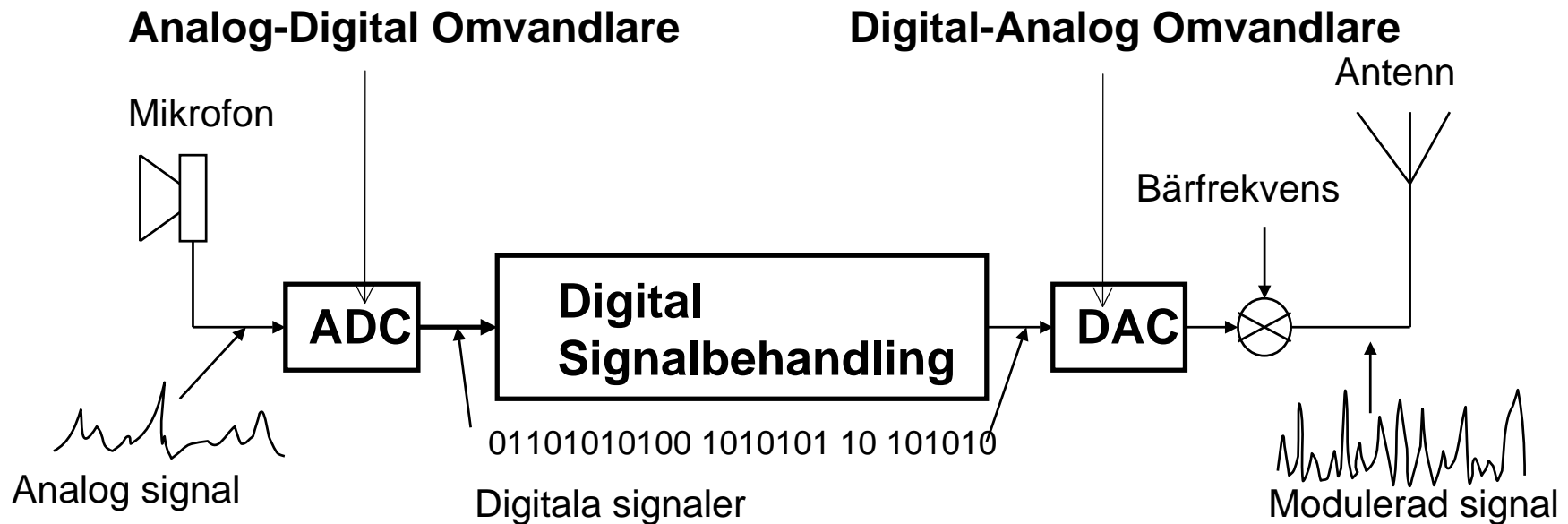
# Störningsokänslighet



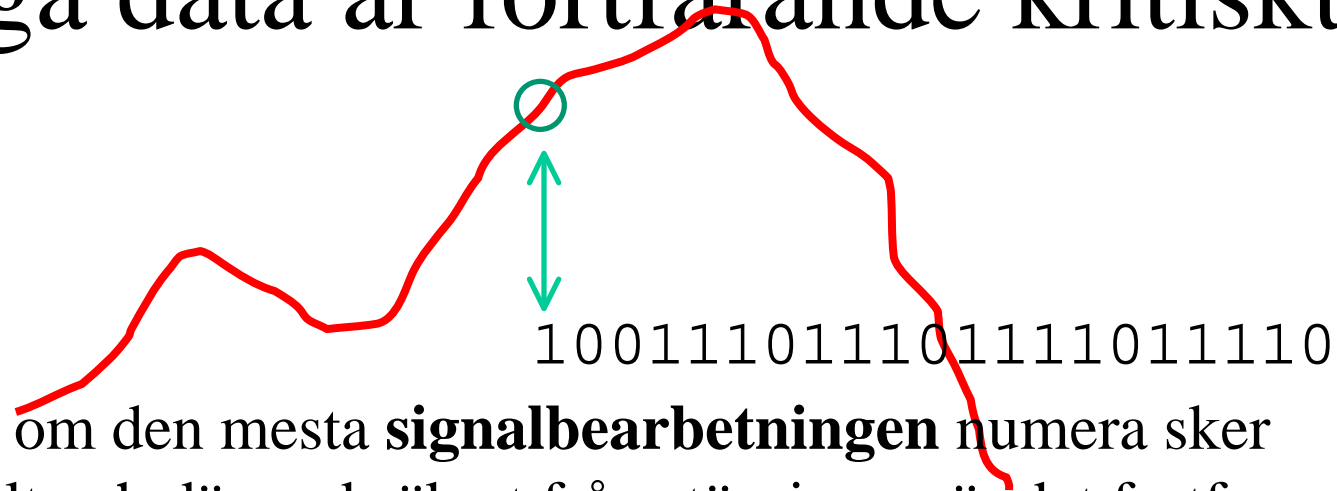
- Digital **databearbetning** kan ske störningsokänsligt!

# Digital signalbehandling

Om det är möjligt så görs idag **all** signalbehandling digitalt



# Fånga data är fortfarande kritiskt!



Även om den mesta **signalbearbetningen** numera sker digitalt och därmed säkert från störningar, är det fortfarande kritiskt att ”fånga” data på ett bra sätt – analog/digital-omvandlingen!

De ”störningar” som följer med in i det digitala systemet får man sedan leva med!



# Matematisk modell - Boolesk algebra: axiom

- I boolesk algebra finns det bara **1** (sann) och **0** (falsk) som värden
- Följande operationer är definierade: **AND** ( $\cdot$ ), **OR** ( $+$ ), **NOT** ( $\bar{x}$ )
- Följande axiom definierar den booleska algebran

Axiom	
(1a) $0 \cdot 0 = 0$	(1b) $1 + 1 = 1$
(2a) $1 \cdot 1 = 1$	(2b) $0 + 0 = 0$
(3a) $0 \cdot 1 = 1 \cdot 0 = 0$	(3b) $1 + 0 = 0 + 1 = 1$
(4a) If $x = 0$ , then $\bar{x} = 1$	(4b) If $x = 1$ , then $\bar{x} = 0$

# Booleska Algebra: **räknelagar**

Räknelagar kan härledas ur axiomen

- många av räknelagarna stämmer överens med våra vanliga algebra!
- bekvämt att man kan fortsätta att räkna som man gjort i grundskolan!
- men se upp! En del räknelagar blir anorlunda och nya.

• *Mer snart i kursen ...*

# Den tekniska bakgrunden

När **telefonväxlarna** automatiserades användes den booleska algebran som ett verktyg för beräkna hur kontaktnäten kunde förenklas.

*Kontakterna ritades i opåverkat tillstånd.*

Slutande kontakt

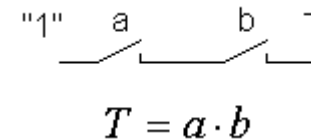
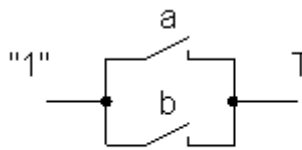


Brytande kontakt, "icke"

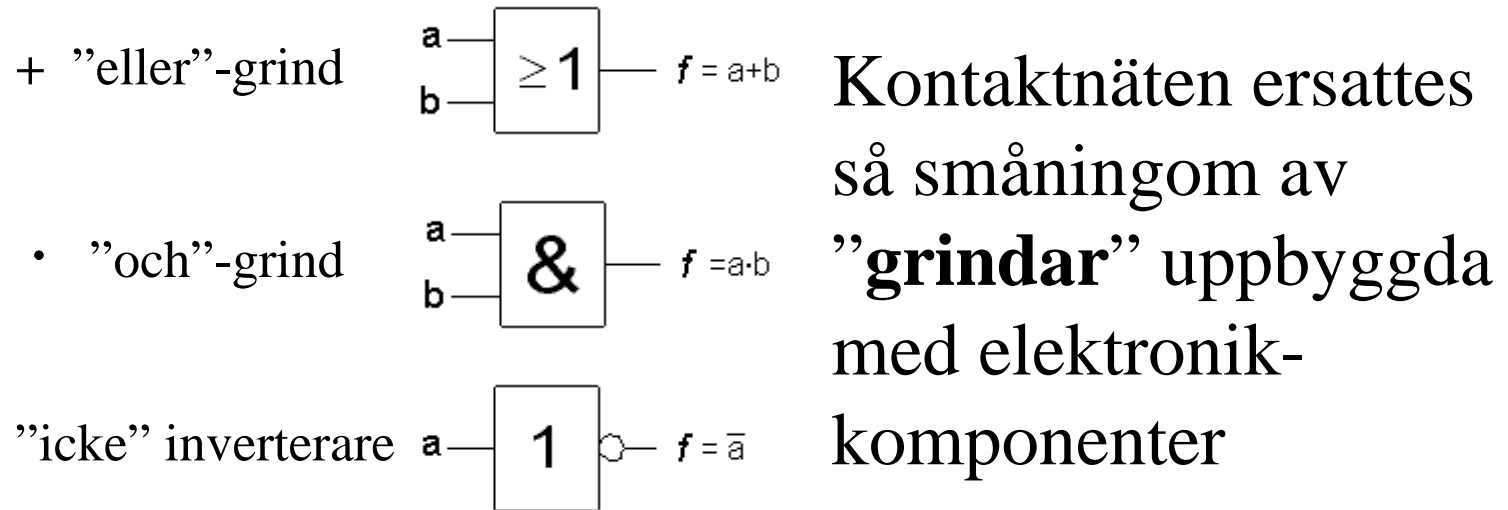


• för seriekoppling  
"och"-funktion

+ för parallellkoppling  
"eller"-funktion



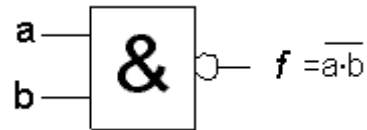
# Grindar i stället för kontakter



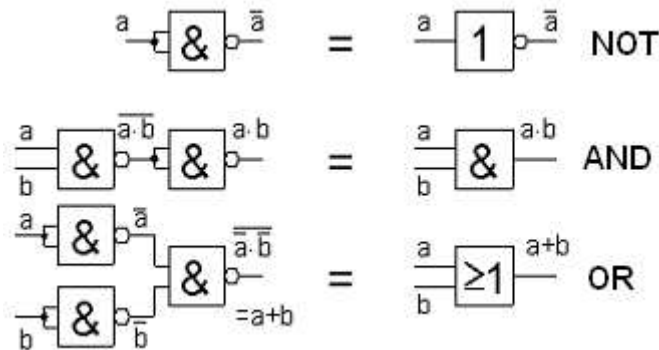
Med dessa tre grundläggande grindtyper: **OR AND NOT** kan **alla** logiska funktioner utföras.

• *Mer snart i kursen ...*

# Bara en enda grindtyp!



Det räcker faktiskt med **en enda** grindtyp, **NAND**, för att tillverka alla andra!

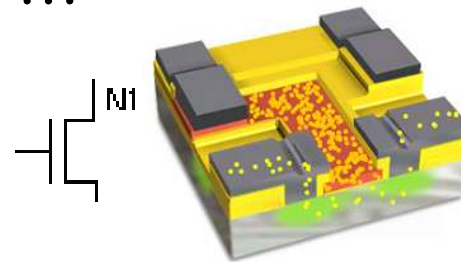
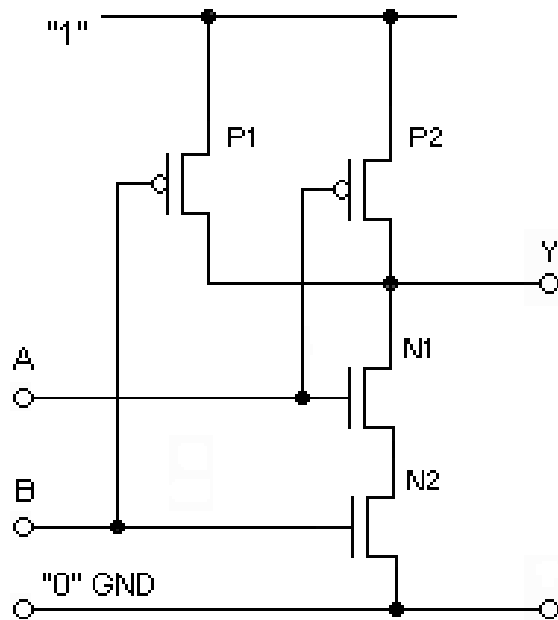


*Extrem förenkling,  
en enda grindtyp  
räcker till **allt** !*

• *Mer snart i kursen ...*

# CMOS NAND - grind

En **effektiv** implementering av CMOS NAND-grinden kräver bara *fyra transistorer* ...



En N-MOS transistor.

Finess: CMOS-grindar förbrukar bara effekt vid omslag.

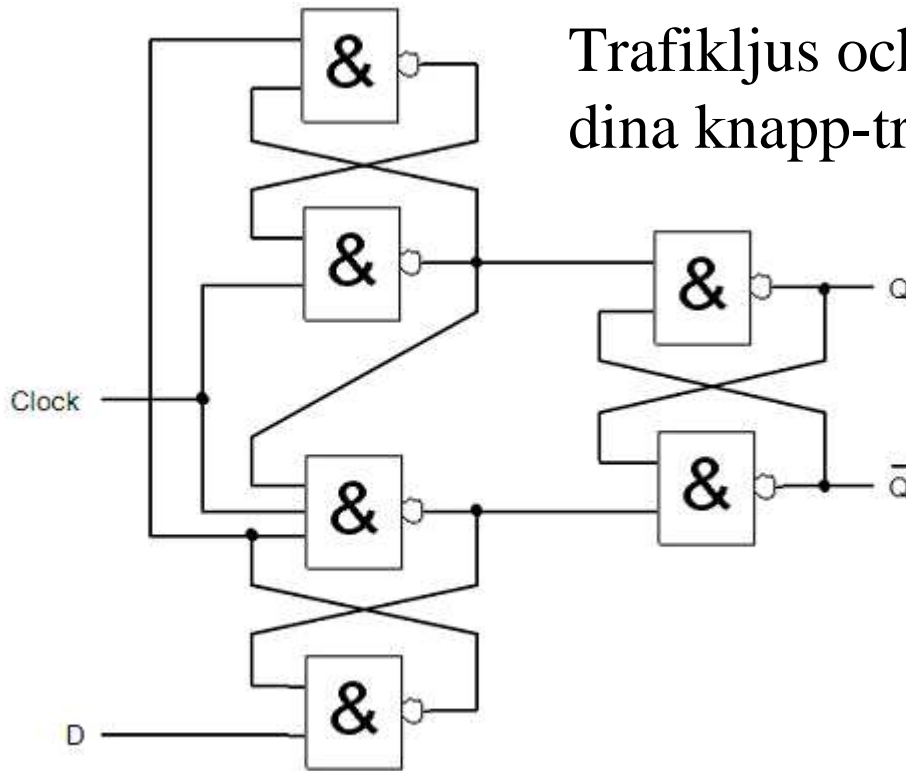
Tur det, annars skulle dagens datorskretsar bli *glödhetta*.

• *Mer snart i kursen ...*

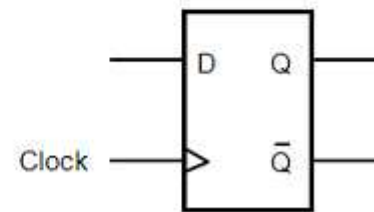
# Minnesfunktion?

Trafikljus och hissar måste ”**minnas**” dina knapp-tryckningar.

Detta utförs av ”vippor” eller ”låskretsar” – som man också kan göra med NAND-grindar.



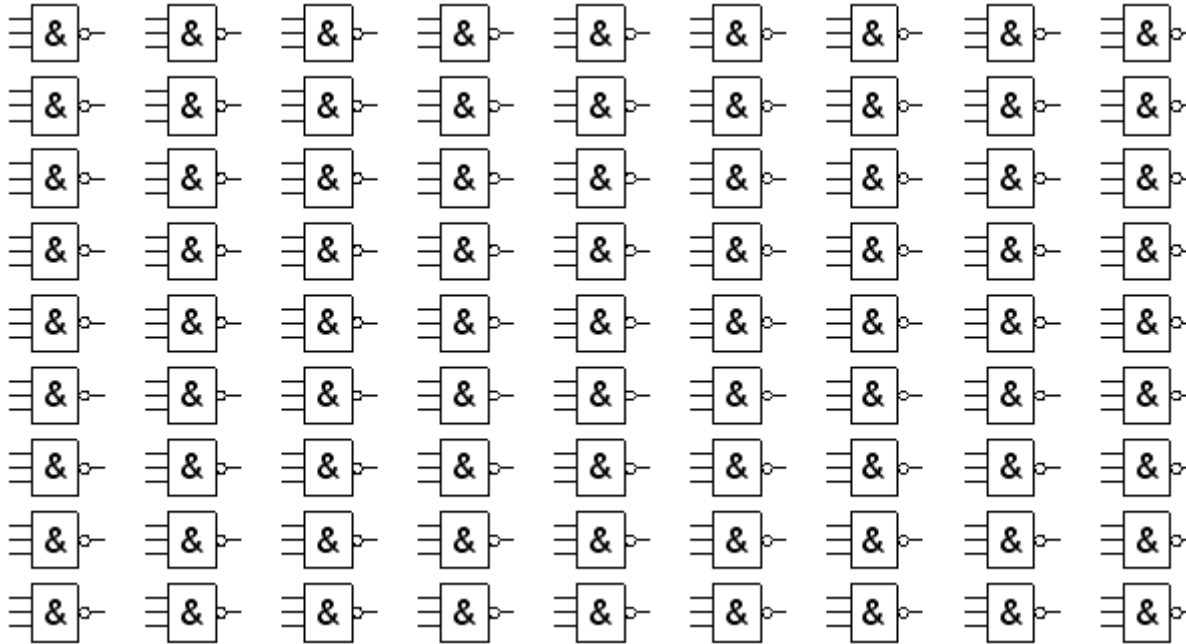
(a) Circuit



(b) Graphical symbol

• *Senare i kursen ...*

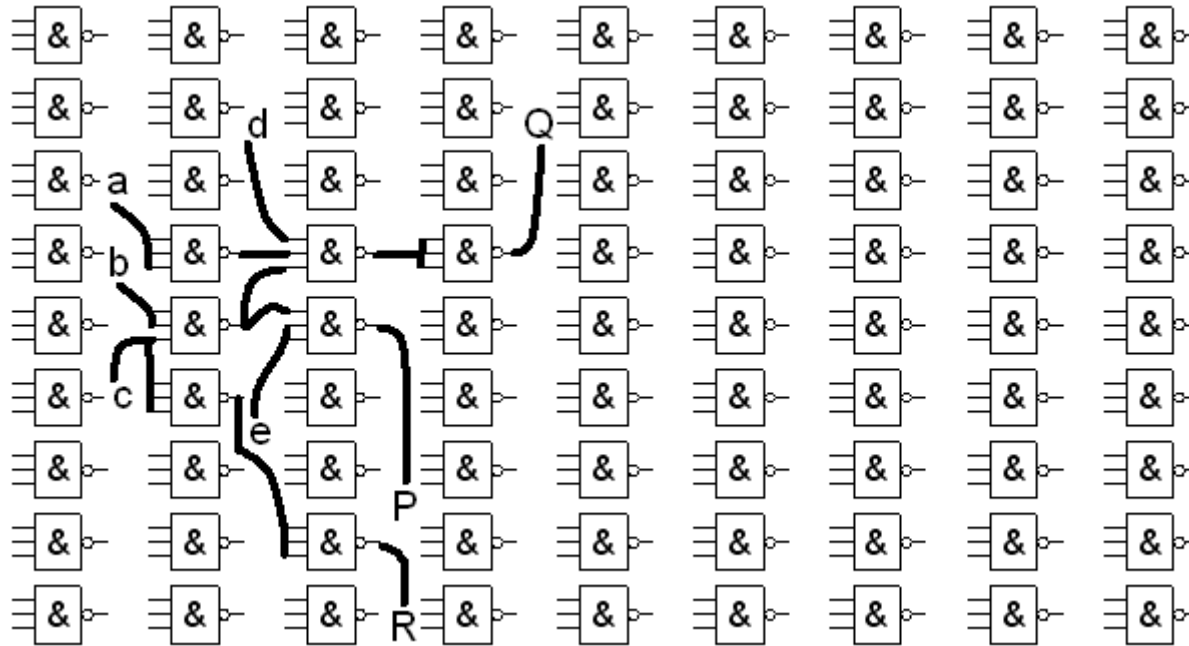
# See-of-Gates



Eftersom bara en enda typ av grindar behövs, kan man göra vad som helst med ”ett hav av grindar” som får ett lednings-mönster utformat för en egen specifik funktion.



# See-of-Gates



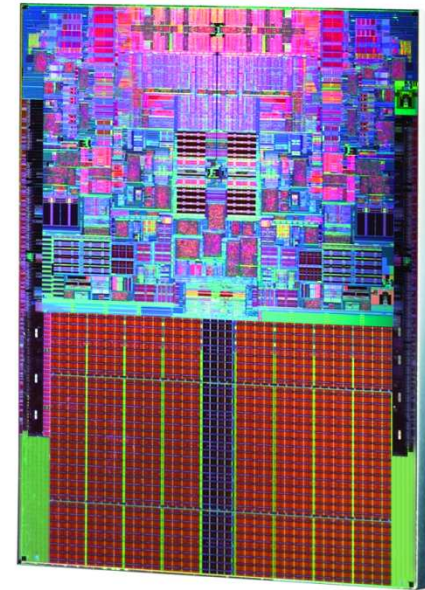
Eftersom bara en enda typ av grindar behövs, kan man göra vad som helst med ”ett hav av grindar” som får ett lednings-mönster utformat för en egen specifik funktion.

William Sandqvist [william@kth.se](mailto:william@kth.se)

# En miljard grindar?

En modern processor kan innehålla en miljard grindar – man kan inte rita ett sådant kretsschema ...

*Det behövs andra metoder för att beskriva ett sådant system!*

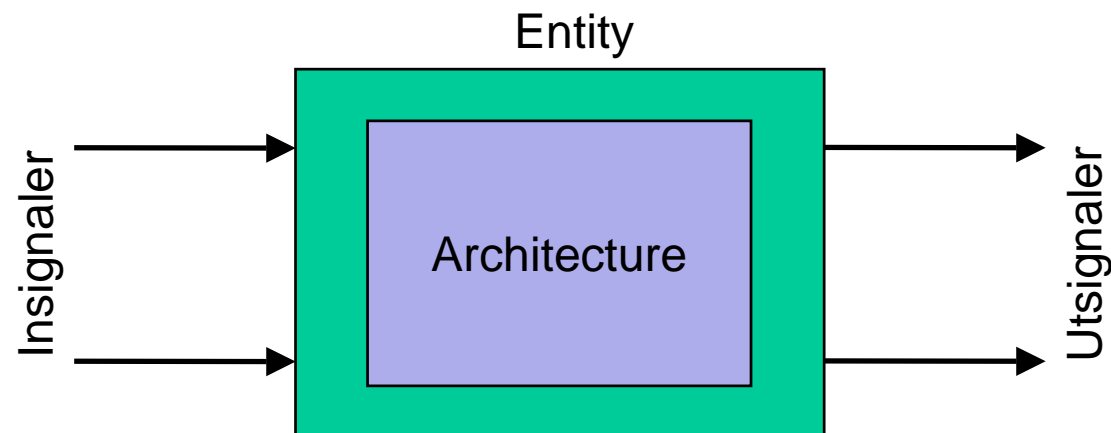


# CAD-verktyg

- Ett CAD-verktyg är ett program som hjälper ingenjören att konstruera (tex en integrerad krets)
- CAD-verktyg kan vara helt automatiserade eller interaktiva
- CAD-verktyg är baserade på algoritmer som definierar ordningen på en sekvens av metoder som skall appliceras

# Hårdvarubeskrivande språk

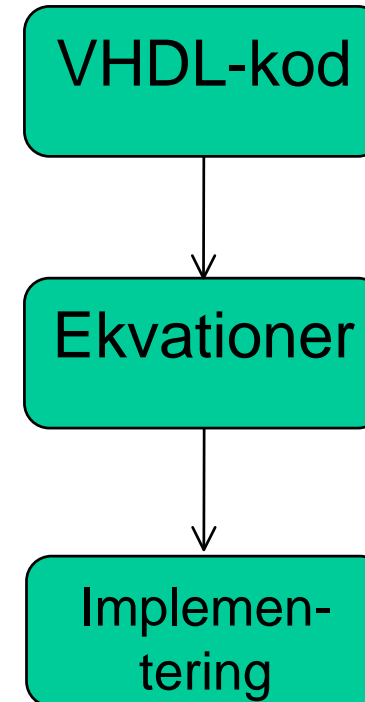
Designen beskrivs med **entity** (black box) och **architecture** (innehållet i boxen)



# Design-verktyg

**Steg 1:** VHDL-Beskrivningen av den önskade hårdvaran översätts till booleska ekvationer

**Steg 2:** Booleska ekvationer översätts till den tillgängliga hårdvaran



*I kursen får Du prova designverktyget  
**Quartus II***

# Ex. på VHDL-kod

```
LIBRARY ieee ;
USE ieee.std_logic_1164.all ;

ENTITY mux4to1 IS
    PORT( w0, w1, w2, w3 : IN STD_LOGIC ;
          s                : IN STD_LOGIC_VECTOR(1 DOWNTO 0) ;
          f                : OUT STD_LOGIC ) ;
END mux4to1 ;

ARCHITECTURE Behavior OF mux4to1 IS
BEGIN
    WITH s SELECT
        f <= w0 WHEN "00",
            w1 WHEN "01",
            w2 WHEN "10",
            w3 WHEN OTHERS ;
END Behavior ;
```

*VHDL är ett mycket  
komplext språk – kursen kan  
inte rymma så mycket av  
detta.  
Fortsättningskurser finns!*

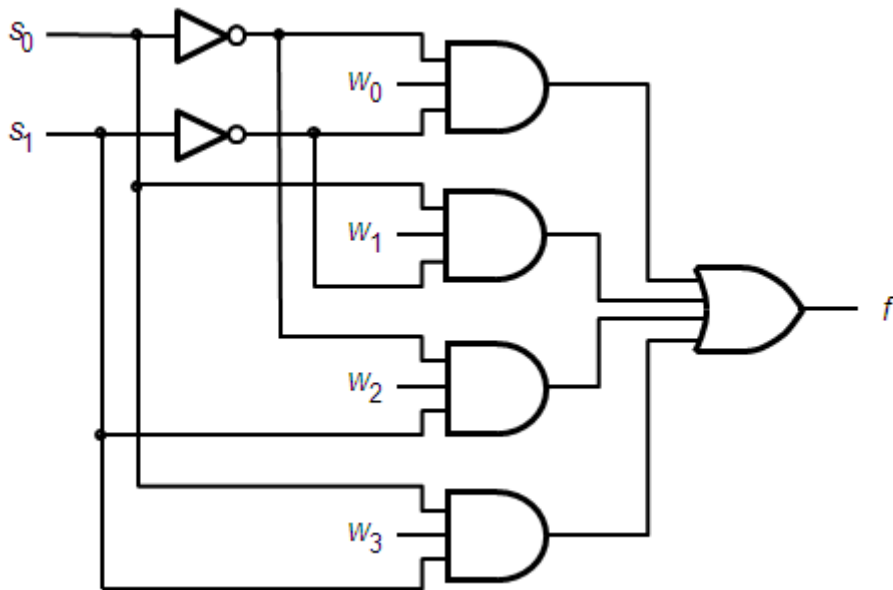
# Boolesk ekvation

$$f = \overline{s_1} \cdot \overline{s_0} \cdot w_0 + \overline{s_1} \cdot s_0 \cdot w_1 + s_1 \cdot \overline{s_0} \cdot w_2 + s_1 \cdot s_0 \cdot w_3$$

- *Mer snart i kursen ...*



# Ett grindnät som implementerar funktionen



*Läroboken använder  
Amerikanska  
symboler:*

**AND** 

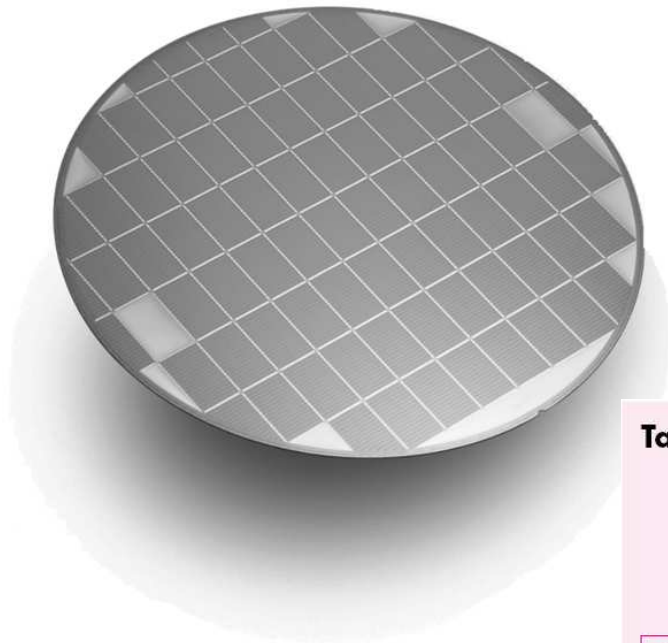
**OR** 

**NOT** 

• *Mer snart i kursen ...*

William Sandqvist [william@kth.se](mailto:william@kth.se)

# Teknologiframsteg



Utvecklingen går rasande fort...

**Table 1.1** A sample of the International Technology Roadmap for Semiconductors.

	Year					
	2006	2007	2008	2009	2010	2012
Technology feature size	78 nm	68 nm	59 nm	52 nm	45 nm	36 nm
Transistors per cm <sup>2</sup>	283 M	357 M	449 M	566 M	714 M	1,133 M
Transistors per chip	2,430 M	3,061 M	3,857 M	4,859 M	6,122 M	9,718 M

# Digital hårdvara i en dator

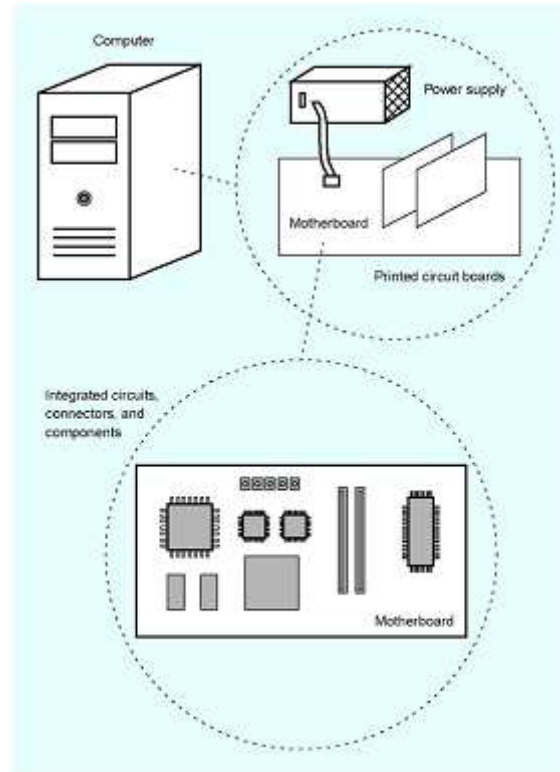
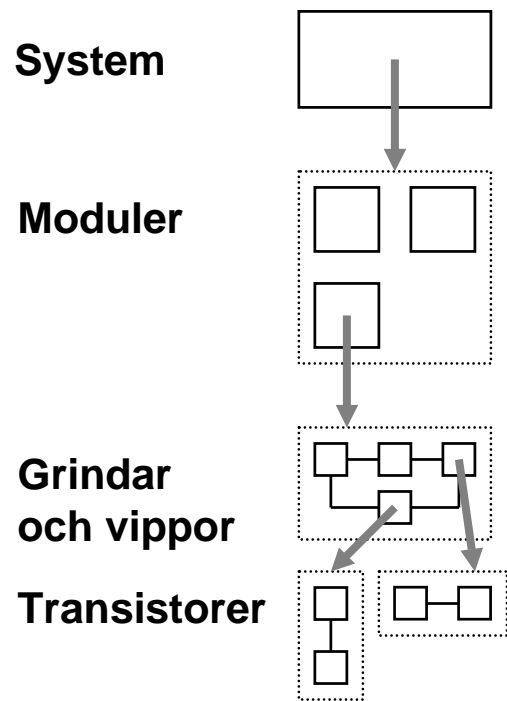


Figure 1.5. A digital hardware system (Part a)

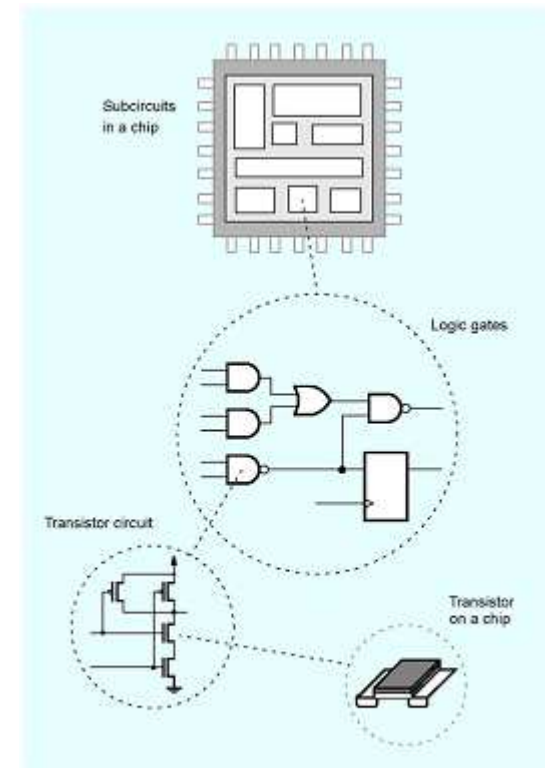
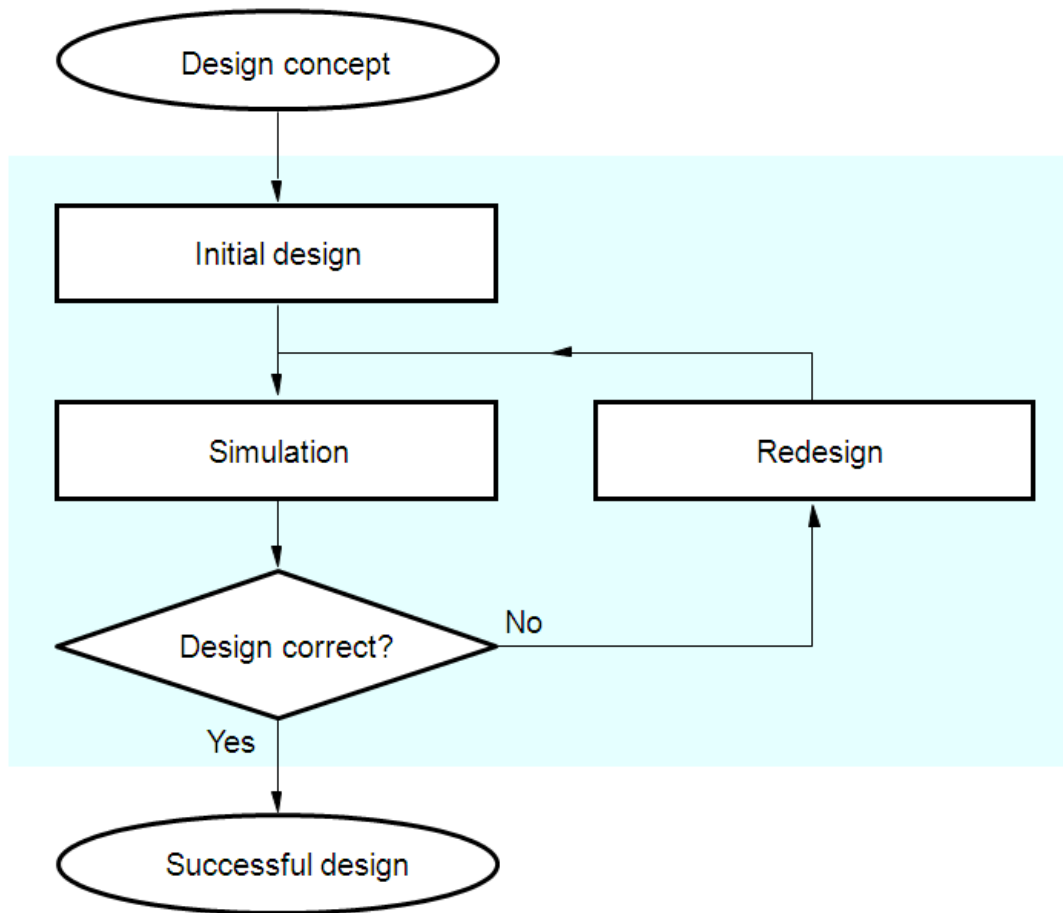


Figure 1.5. A digital hardware system (Part b)

# Designprocessen



I kursen simulerar vi en design med **ModelSim**

# Binära tal

Digitaltekniken använder bara två siffersymboler: **0** och **1**

– Enkelt att implementera – varje värde motsvarar en spänningsnivå, t ex

0 Volt motsvarar **0**

5 Volt motsvarar **1**

Hur kan man då representera vanliga tal?

# Decimala talsystemet

I det decimala talsystemet har man 10 olika siffersymboler: **0** till **9**

Ett decimaltal representeras med en sekvens av siffersymboler

- Positionen i sekvensen ger siffrans vikt och multipliceras med en potens av 10 (*basen* i decimalsystemet är 10)

$$(653)_{10} = 6 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$$

# Decimala talsystemet

## Representation av ett heltal

$$N_{10} = x_{m-1} \cdot 10^{m-1} + x_{m-2} \cdot 10^{m-2} \dots + x_1 \cdot 10^1 + x_0 \cdot 10^0$$

$$(653)_{10} = 6 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$$

## Representation av ett "kommatal"

$$N_{10} = x_{m-1} \cdot 10^{m-1} + x_{m-2} \cdot 10^{m-2} \dots + x_1 \cdot 10^1 + x_0 \cdot 10^0 + x_{-1} \cdot 10^{-1} + x_{-2} \cdot 10^{-2} + \dots$$

$$(6.53)_{10} = 6 \cdot 10^0 + 5 \cdot 10^{-1} + 3 \cdot 10^{-2}$$



# Binära talsystemet

Binärsystemet fungerar på samma sätt som decimalsystemet, men man använder basen **2** i stället för 10!

$$N_2 = x_{m-1} \cdot 2^{m-1} + x_{m-2} \cdot 2^{m-2} \cdots + x_1 \cdot 2^1 + x_0 \cdot 2^0 + x_{-1} \cdot 2^{-1} + x_{-2} \cdot 2^{-2} + \cdots$$

$$(110)_2 = 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = (6)_{10}$$

$$(11.01)_2 = 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} = (3.25)_{10}$$

# Oktala talsystemet

I det oktala talsystemet är basen **8** och därmed används siffersymbolerna **0** till **7**

$$N_8 = x_{m-1} \cdot 8^{m-1} + x_{m-2} \cdot 8^{m-2} \cdots + x_1 \cdot 8^1 + x_0 \cdot 8^0 + x_{-1} \cdot 8^{-1} + x_{-2} \cdot 8^{-2} + \cdots$$

$$(65.3)_8 = 6 \cdot 8^1 + 5 \cdot 8^0 + 3 \cdot 8^{-1} = (53.375)_{10}$$

# Hexadecimala talsystemet

I det hexadecimala talsystemet är basen **16** och därmed används siffersymbolerna **0** till **9** och **A** till **F**

$$N_{16} = x_{m-1} \cdot 16^{m-1} + x_{m-2} \cdot 16^{m-2} \dots + x_1 \cdot 16^1 + x_0 \cdot 16^0 + x_{-1} \cdot 16^{-1} + x_{-2} \cdot 16^{-2} + \dots$$

$$(AE.8)_{16} = 10 \cdot 16^1 + 14 \cdot 16^0 + 8 \cdot 16^{-1} = (174.5)_{10}$$

# Talsystem med basen $b$

En allmän formulering kan erhållas för basen  $b$

$$N_b = x_{m-1} \cdot b^{m-1} + x_{m-2} \cdot b^{m-2} \cdots + x_1 \cdot b^1 + x_0 \cdot b^0 + x_{-1} \cdot b^{-1} + x_{-2} \cdot b^{-2} + \cdots$$

# Heltalen för de olika talsystemen

Bas 2	Bas 8	Bas 10	Bas 16
0	0	0	0
1	1	1	1
10	2	2	2
11	3	3	3
100	4	4	4
101	5	5	5
110	6	6	6
111	7	7	7

Bas 2	Bas 8	Bas 10	Bas 16
1000	10	8	8
1001	11	9	9
1010	12	10	A
1011	13	11	B
1100	14	12	C
1101	15	13	D
1110	16	14	E
1111	17	15	F
10000	20	16	10

# Snabbfråga

Vilket hexadecimala tal motsvarar det binära talet 00010111 ?

A: 23

B: 13

C: 17

*Diskutera fram svaret tillsammans med din bänkgranne!*



# Snabbfråga

Vilket hexadecimala tal motsvarar det  
binär talet 00010111 ?

1 7

A: 23

B: 13

C: 17



# Omvandling mellan decimala och binära tal

- Omvandling från binär till decimal är trivial
- Omvandlingen från decimaltal till binärtal görs genom upprepade delning med 2
  - Resten ger siffervärdet
  - Siffrorna kommer i omvänd ordning – Least Significant Bit (LSB) kommer först

$$53 \div 2 = 26 \text{ Rest } 1 \Rightarrow x_0 = 1 \text{ (LSB)}$$

$$26 \div 2 = 13 \text{ Rest } 0 \Rightarrow x_1 = 0$$

$$13 \div 2 = 6 \text{ Rest } 1 \Rightarrow x_2 = 1$$

$$6 \div 2 = 3 \text{ Rest } 0 \Rightarrow x_3 = 0$$

$$3 \div 2 = 1 \text{ Rest } 1 \Rightarrow x_4 = 1$$

$$1 \div 2 = 0 \text{ Rest } 1 \Rightarrow x_5 = 1 \text{ (MSB)}$$

$$53_{10} = 110101_2$$



# Sammanfattning

- Det finns olika talsystem
- Digitaltekniken använder det binära talsystemet
- Man kan omvandla tal mellan olika talsystem

# Påbyggnadskurser

- **Digitalteknik**
  - IS1200 Datorteknik, gk
  - IS1204 IT-projekt, Autonoma Inbyggda System
  - IL1331 VHDL Design
- **Breddningskurser**
  - IE1206 Inbyggd Elektronik (med PIC-processor)
  - IE1202 Analog Elektronik, ak

William Sandqvist [william@kth.se](mailto:william@kth.se)