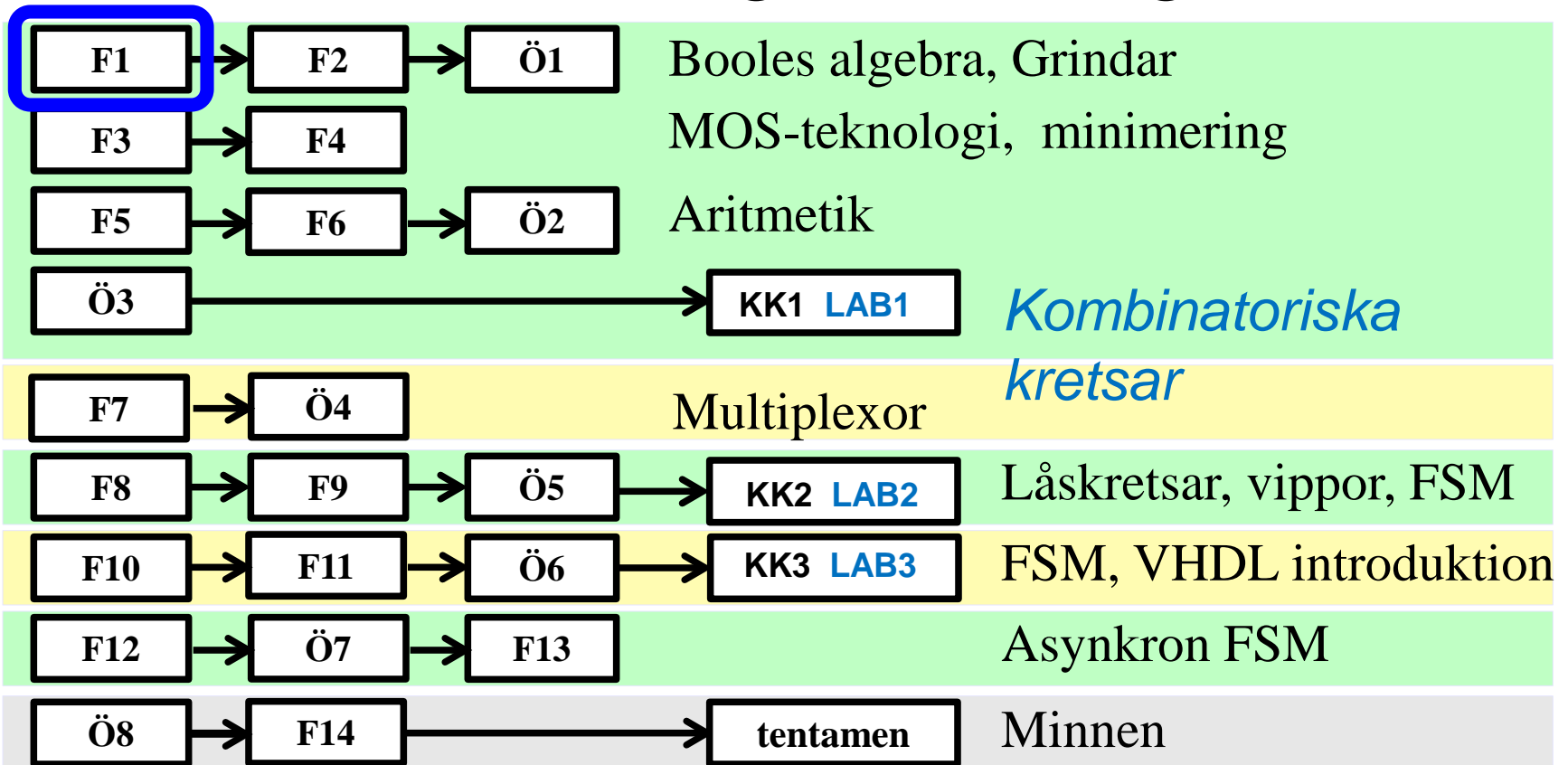


Digital Design IE1204

F1 Introduktion till Digitaltekniken

william@kth.se

IE1204 Digital Design

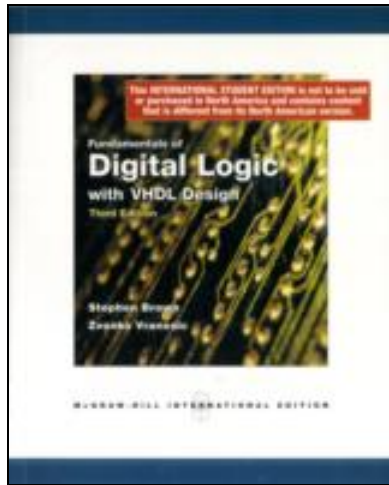


*Föreläsningar och övningar bygger på varandra! Ta alltid igen det Du missat!
Läs på i förväg – delta i undervisningen – arbeta igenom materialet efteråt!*

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
(eTextbook: at [CourseSmart](#))

Boken finns också på KTH
Kårbokhandel

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



*Tag chansen – en övningsgrupp
hålls på engelska!*



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

En övningsgrupp på engelska!

-  Doktorand ***Syed Jafri*** , övningsgrupp på engelska.
Första övningen 4/10 15-17 i **sal 303**
-  Professor ***Håkan Olsson***, övningsgrupp på svenska.
Första övningen 4/10 13-15 i **sal 303**.
-  Lärare ***William Sandqvist*** , övningsgrupp på svenska. Första övningen 4/10 13-15 i **sal 304** 15-17 i sal 304

Du väljer själv grupp och följer sedan den som passar dig och ditt schema.

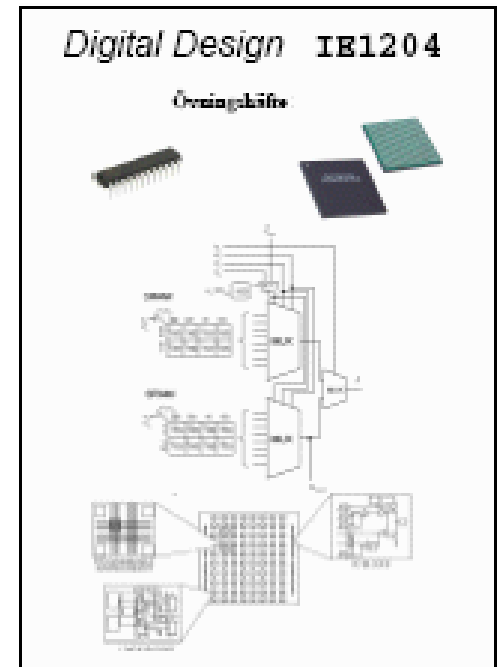
Övningshäfte

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

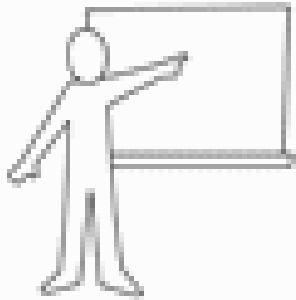
Observera! Ett mycket omfattande förberedelsearbete krävs inför laborationerna!

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

Labhäften finns att ladda ner från kurswebben.  / 

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 – men kom förberedd.

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!

DD1 DD2 DD3 – ditt nummer

| | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| DDA-201 | DDA-202 | DDA-203 | DDA-204 | DDA-205 |
| DDA-206 | DDA-207 | DDA-208 | DDA-209 | DDA-210 |
| DDA-211 | DDA-212 | DDA-213 | DDA-214 | DDA-215 |
| DDA-216 | DDA-217 | DDA-218 | DDA-219 | DDA-220 |
| DDA-221 | DDA-222 | DDA-223 | DDA-224 | DDA-225 |

SP-form

| | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|
| | cd | 00 | 01 | 11 | 10 |
| a | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| b | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 0 | | | | |

Tecken

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

Tryck på knappen för att beräkna din svarskod. Du kan skriva ner ditt svar inför skärmdisningen.

| | |
|--------------------------------------|----------|
| 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.

DDA-001

- [Excercise 1](#)
- [Exc](#)
- [Exc](#)

DDA-001 / [Excercise 1](#)

- [Question 1](#)
- [Qu](#)

DDA-001 / [Excercise 1](#) / [Question 1](#)

a)

✓ Correct answer.

b)

c)

d)

Vi kontrollerar om Ditt nummer registrerats

Innan laborationerna kontrollerar vi om Ditt kk-nummer registrerats. Kontrollera därför själv att Din bunt har alla uppgifter lösta!

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.**



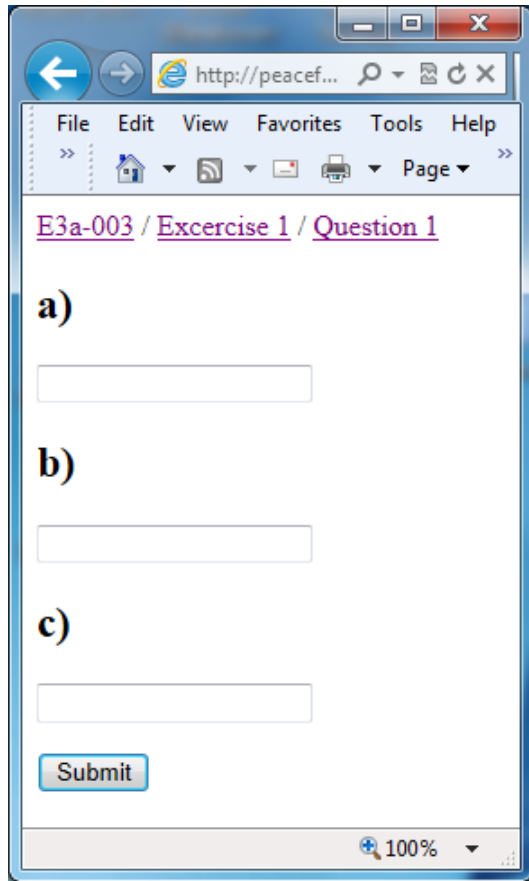
Hjälper varningstexter?



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

Hjälper varningstexter?

Vår varningstext







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". The page content displays the breadcrumb "E3a-003 / Excercise 1 / Question 1". Below this, there are three questions 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 indicates a zoom level of "100%".

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

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

Bokade lab-tider i DAISY






124 deltagare, 122 saknar kursregistrering

| Efternamn | Förnamn | E-post | Program | Kull | Noteringar | Grupp |
|--|---------|-----------------|---------|--------|----------------|----------|
|  Aukland | Patrik | paukland@kth.se | TIDAB | HT2011 | Ej registrerad | a,kk-201 |
|  Aleksandrian | Amun | amun@kth.se | TIDAB | HT2011 | Ej registrerad | a,kk-202 |
|  Almqvist | Elias | almqvist@kth.se | TIEDB | HT2011 | Ej registrerad | b,kl-203 |
|  Al | Rubi | rubial@kth.se | TIDAB | HT2011 | Ej registrerad | d,kk-204 |
|  Almqvist | Patrik | paukland@kth.se | TIDAB | HT2011 | Ej registrerad | c,kk-205 |

Kunskapskontroll
kk-nummer

Från början har Du fått **slumpvalda** labbtider i Daisy.
Vid behov kan Du boka om till någon av de lediga bokbara labtiderna.

Ombokning av
labbtider är öppen.

| Group divisions | | | | |
|---|------|------------------|----------------|---------------------|
| | Name | Number of groups | Students/Group | Status |
|  | KKnr | 200 | 1 | Registration closed |
|  | Lab1 | 5 | 28 | Registration open |
|  | Lab2 | 5 | 28 | Registration open |
|  | Lab3 | 5 | 28 | Registration open |
|  | LabX | 1 | 12 | Registration closed |

Efter det att labben har börjat vet vi hur många som kommit –
det kan då finnas några lediga platser för obokade studenter.

William Sandqvist 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*.

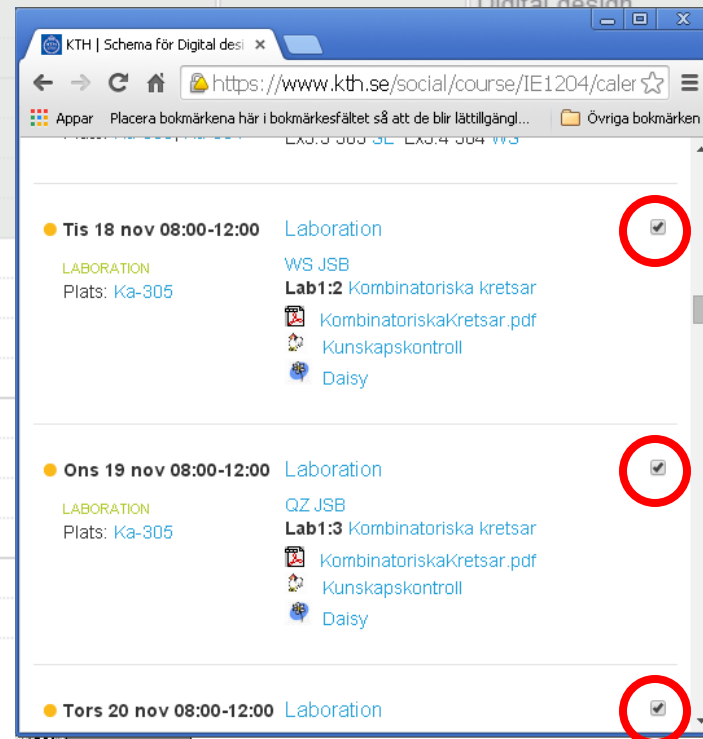
Vecka 47 2014

| | 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 Se beskrivning | 08:00 - 12:00 ● Laboration - Digital design (IE1204) Ka-303 Se beskrivning | 08:00 - 12:00 ● Laboration - Digital design (IE1204) Ka-305 Se beskrivning | 08:00 - 12:00 ● Laboration - Digital design (IE1204) Ka-305 Se beskrivning | |
| 09:00 | | | | | |
| 10:00 | | | | | |
| 11:00 | | | | | |
| 12:00 | | | | | |
| 13:00 | 13:00 - 15:00 ● Digital design (IE1204) Ka-303, Ka-304 Se beskrivning | | | | |
| 14:00 | | | | | |
| 15:00 | | | | | |
| 16:00 | | | | | |
| 17:00 | | | | | |
| 18:00 | | | | | |
| 19:00 | | | | | |
| 20:00 | | | | | |
| 21:00 | | | | | |

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

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

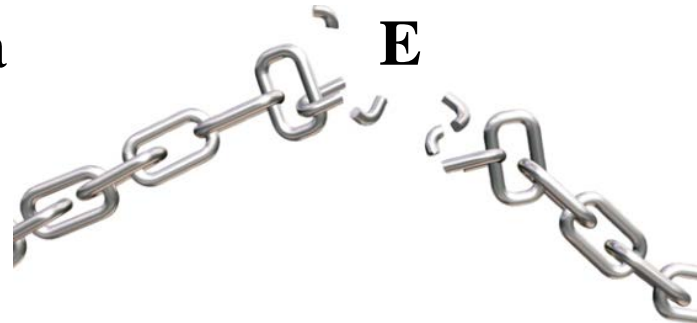
Tentamen har tre delar: del **A1** och del **A2** samt del **B**. Del **A2** och del **B** rättas bara om man är godkänd på del **A1**. För att bli godkänd på tentamen krävs poäng från både **A1** och **A2**.

Tentamen i Kista Fredag 15 jan 14:00-18:00. Obligatorisk anmälan i DAISY!

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.

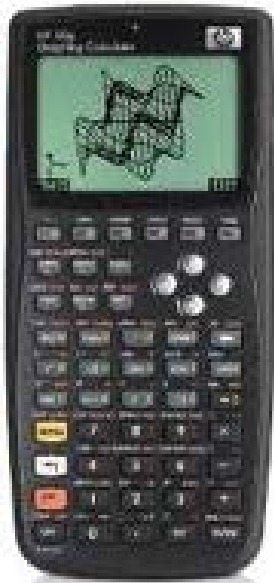


Översikt, kursinnehåll

- **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

Digital Design IE1204

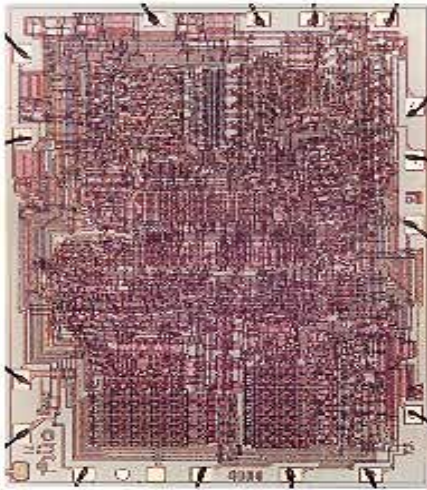


Digital Design
Överallt!

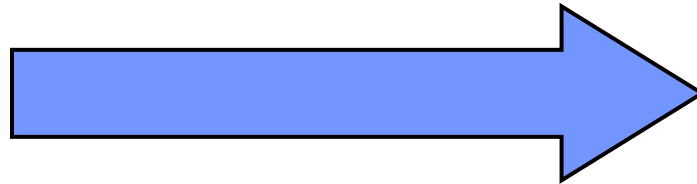


Utvecklingen av elektroniken

Intel 4004
(1971)

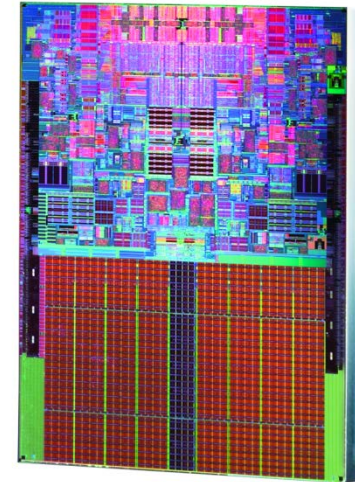


108 KHz
2,300 transistorer



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?

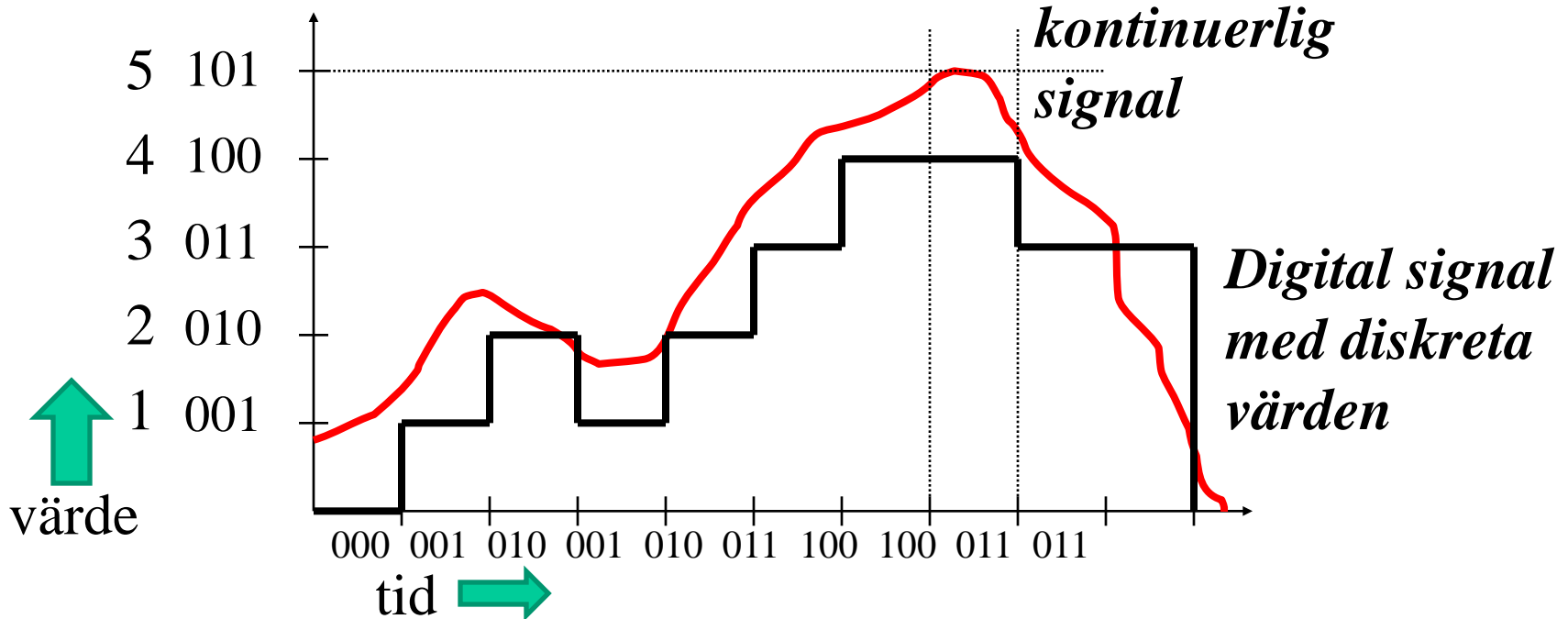


Enkelhet, störningssäkerhet

- **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 halvledartechnologin
- Effektiva **designmetoder** och **verktyg**

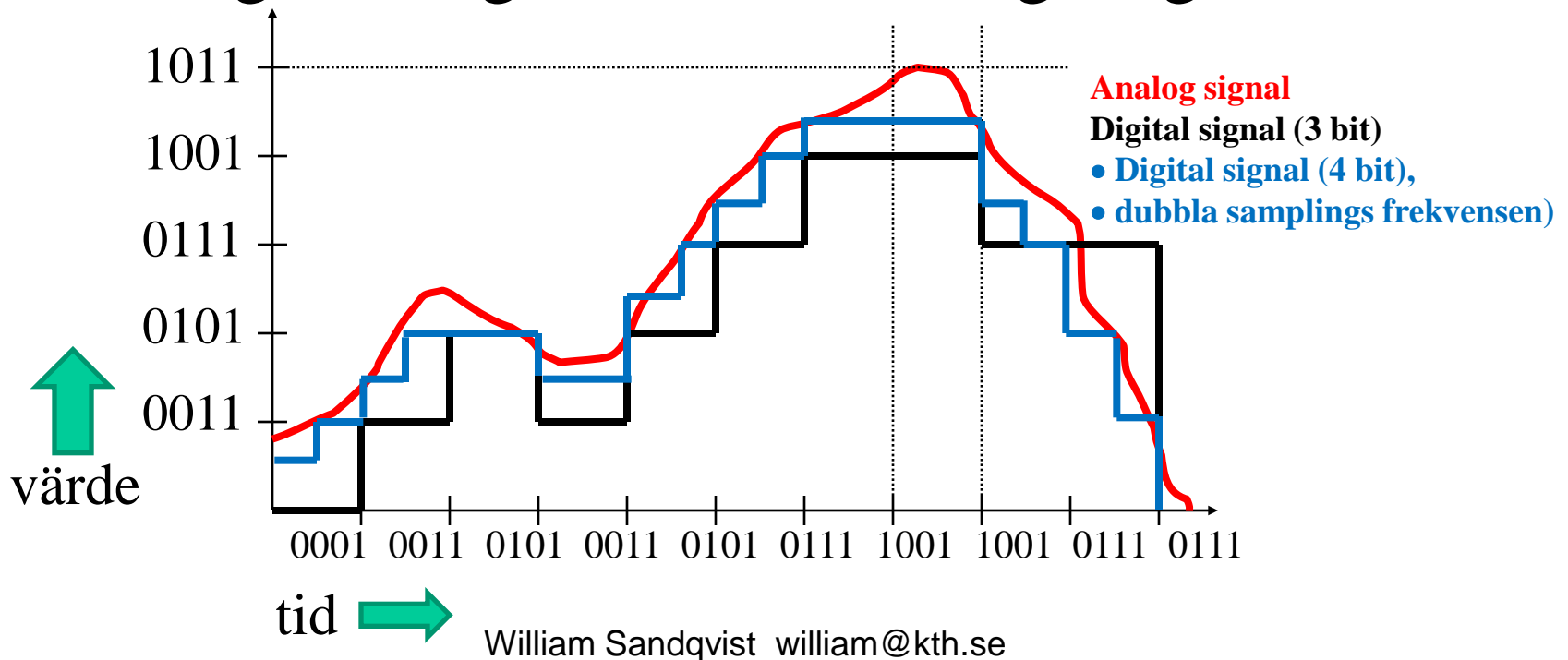
Analoga eller Digitala signaler?

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

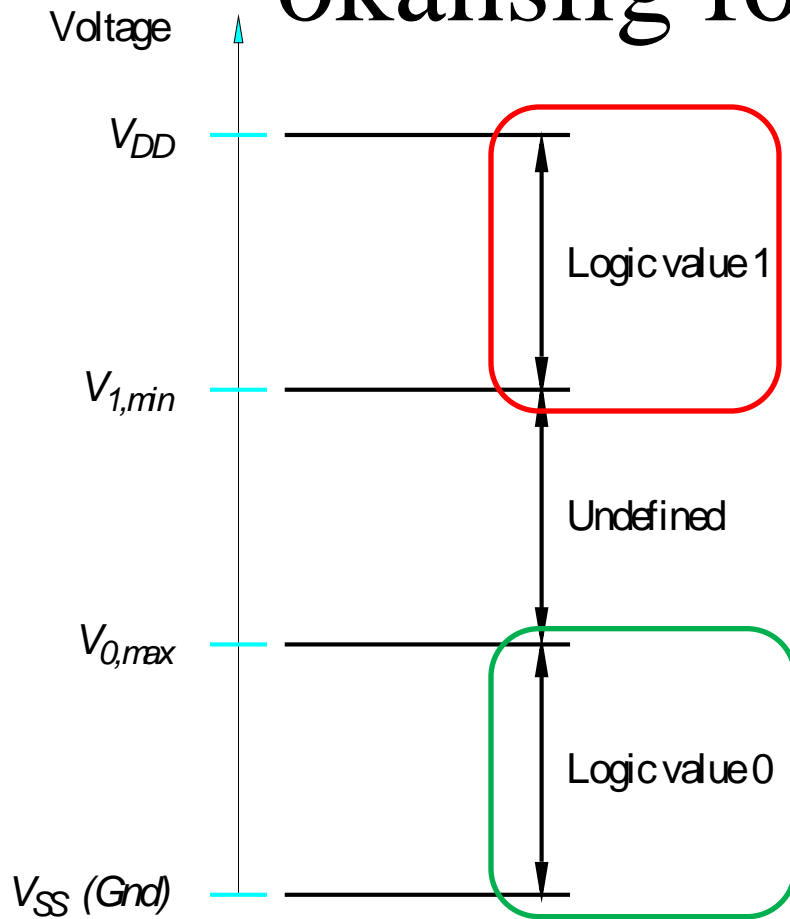


Digitalt borde vara sämre?

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

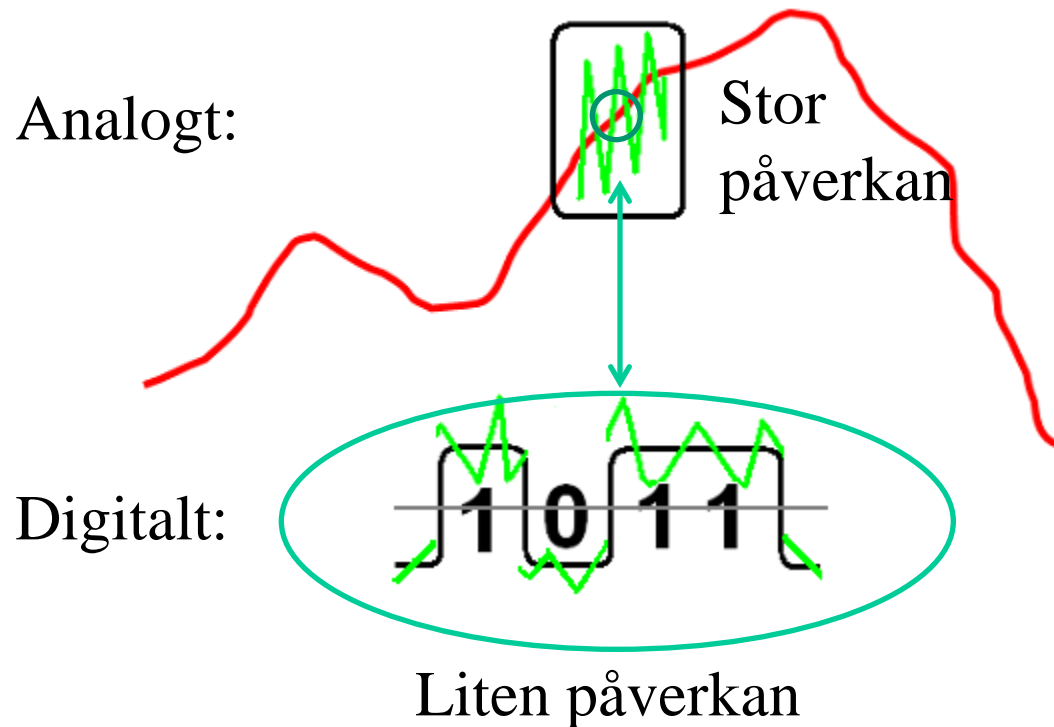


Digitaltekniken är mycket okänslig för störningar



- 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

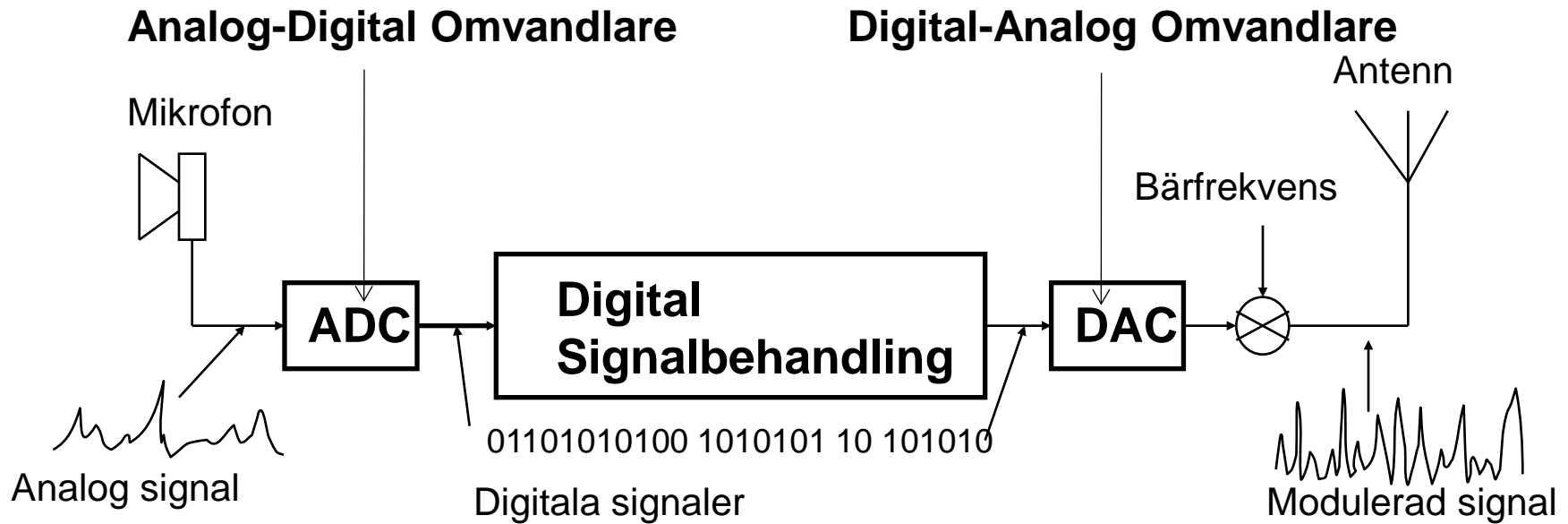
Störningsokänslighet



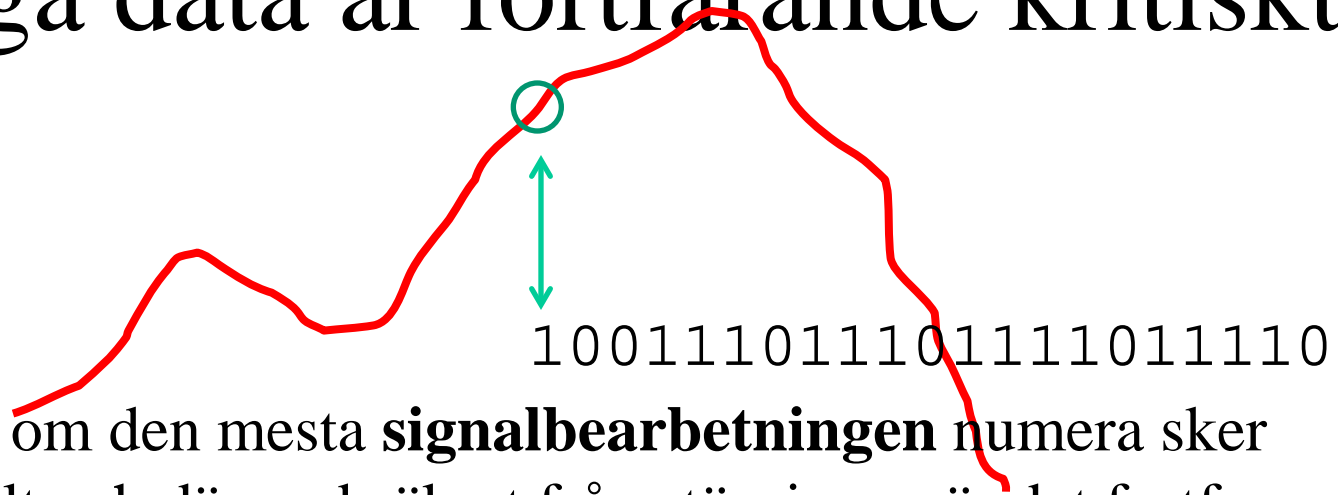
- Digital **databearbetning** kan ske störningsokänsligt!

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

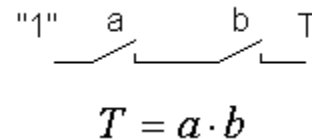
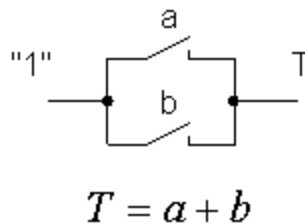


Brytande kontakt, "icke"

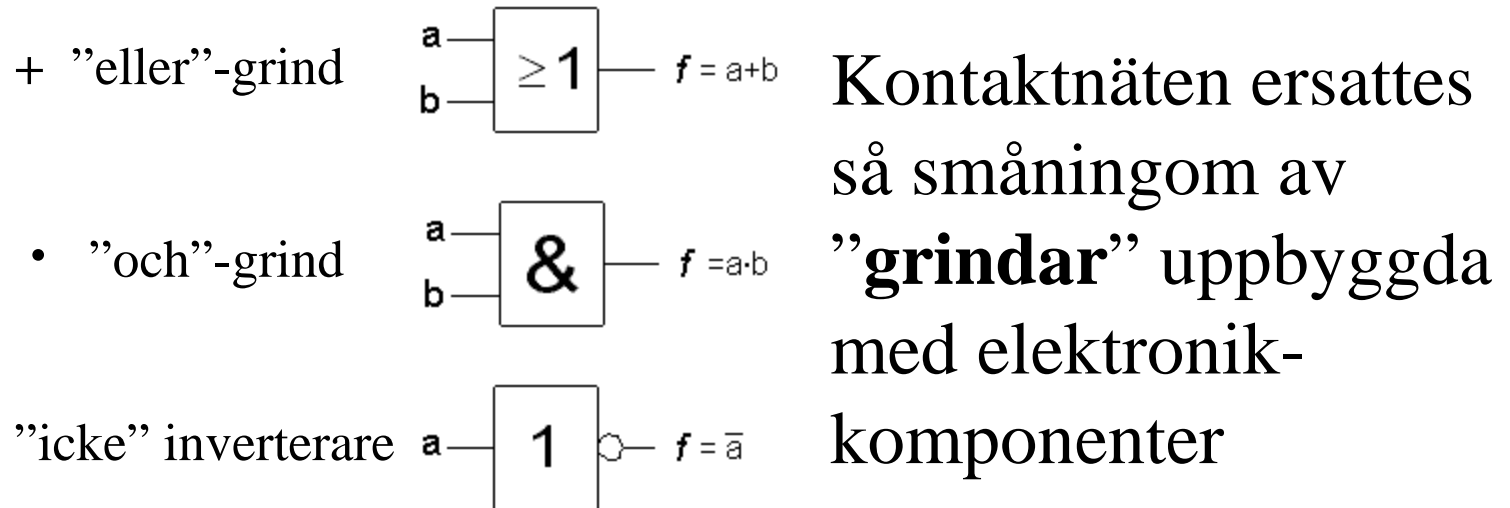


• för seriekoppling
"och"-funktion

+ för parallellkoppling
"eller"-funktion



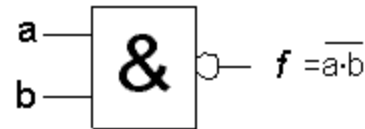
Grindar i stället för kontakter



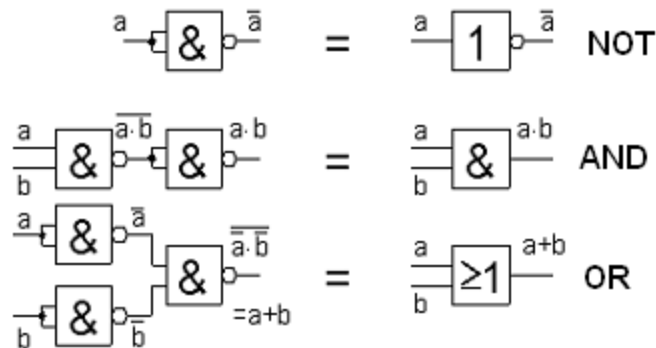
Med dessa tre grundläggande grindtyper: **OR**
AND NOT kan **alla** logiska funktioner utföras.

• *Mer snart i kursen ...*

Bara en enda grindtyp!



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

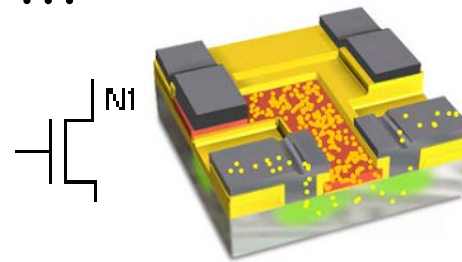
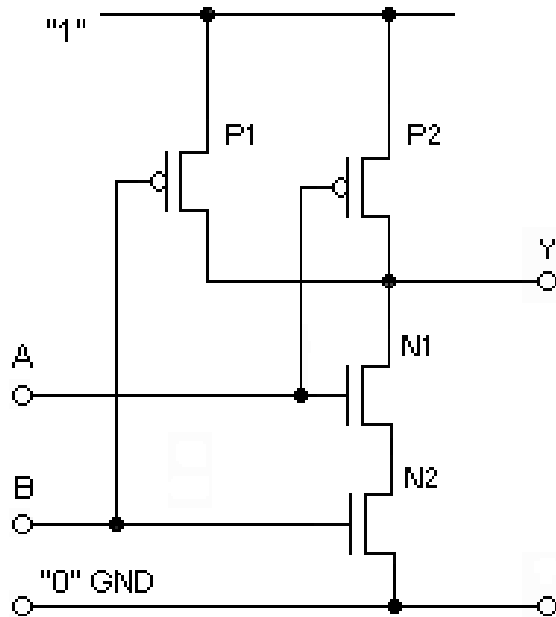


*Extrem förenkling,
en enda grindtyp
räcker till **allt** !*

• *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.

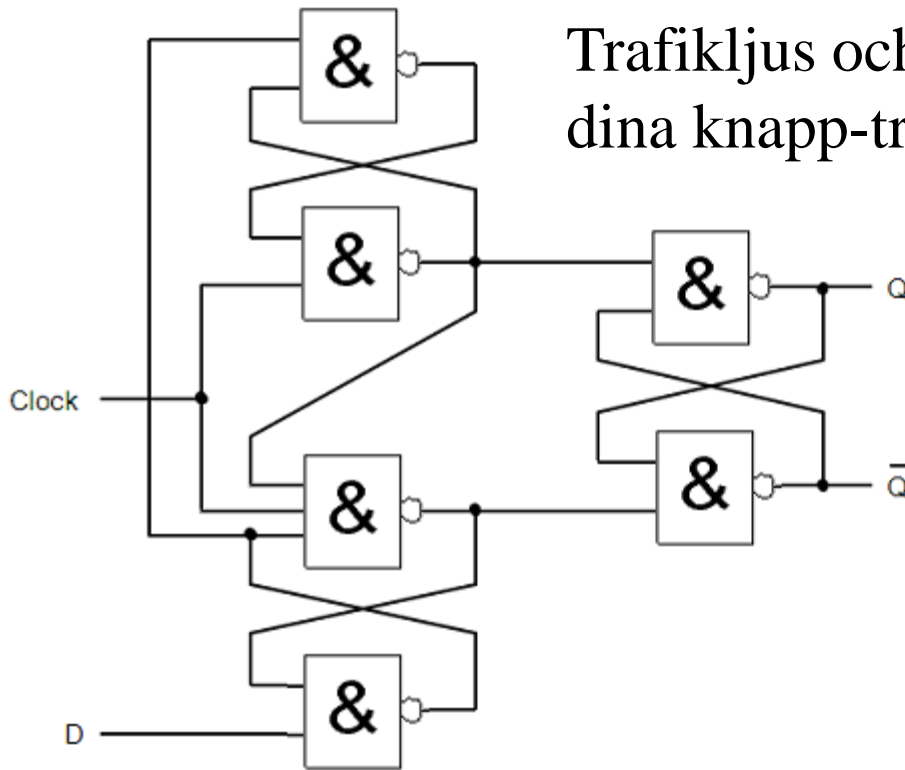
Tur det, annars skulle dagens datorskretsar bli *glödhetta*.

• *Mer snart i kursen ...*

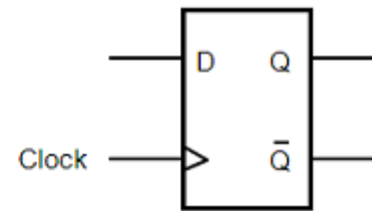
Minnesfunktion?

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

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



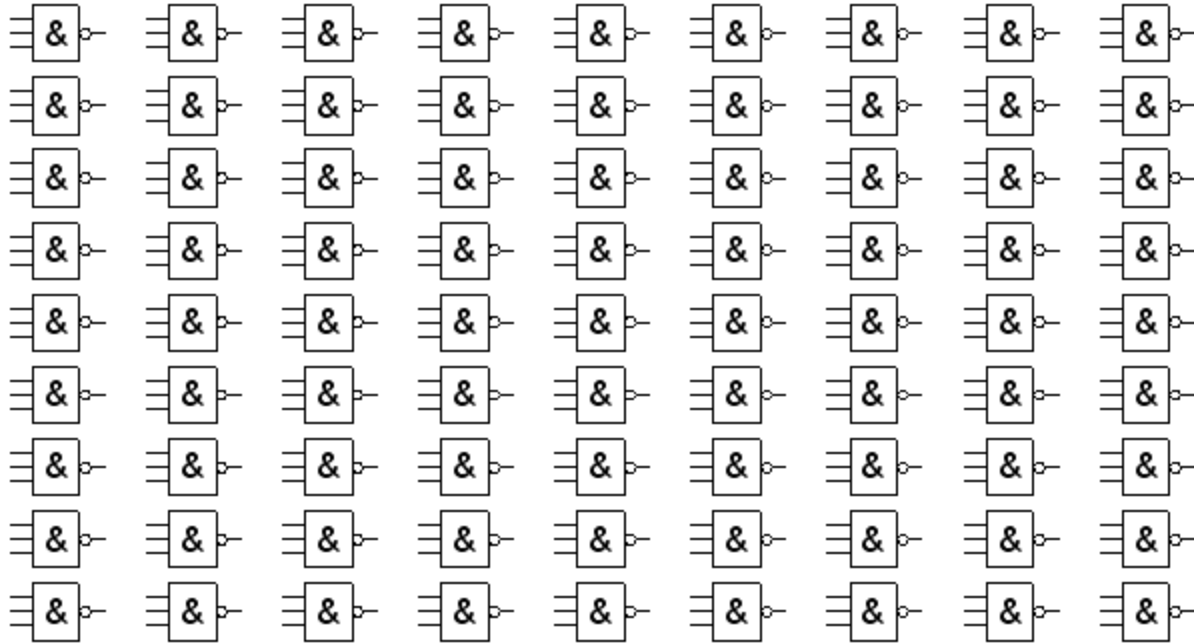
(a) Circuit



(b) Graphical symbol

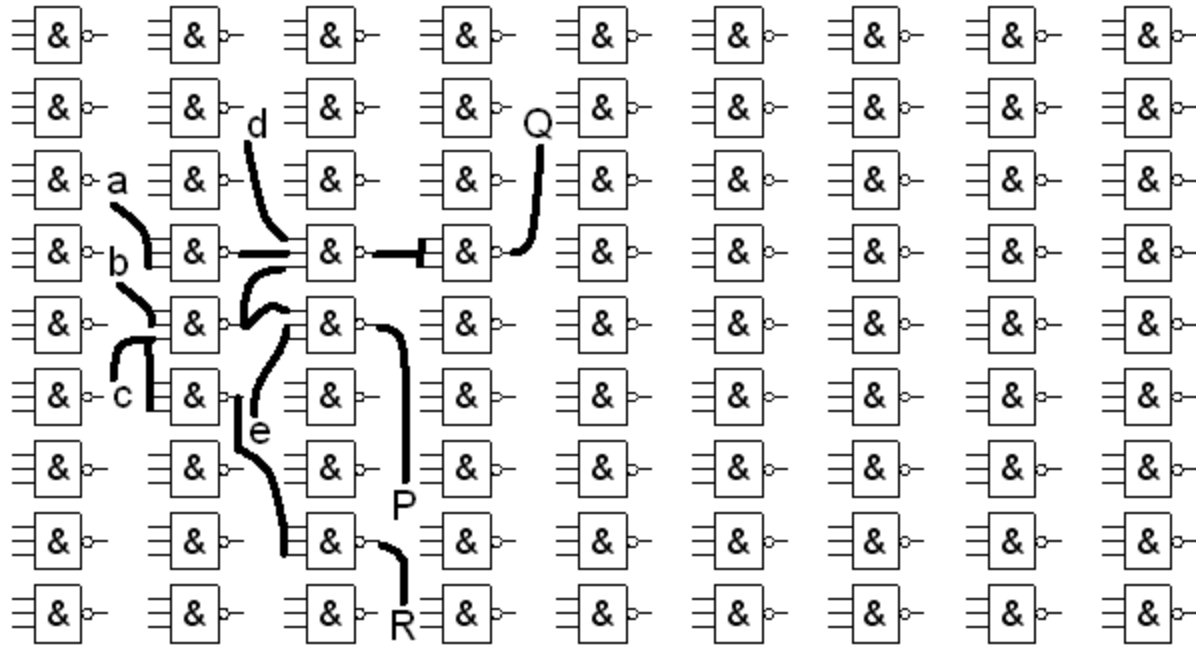
• *Senare i kursen ...*

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



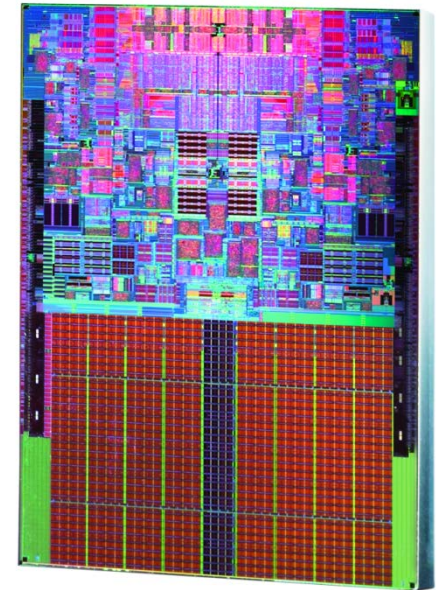
Eftersom bara en enda typ av grindar behövs, kan man göra vad som helst med ”ett hav av grindar” som får ett lednings-mönster utformat för en egen specifik funktion.

William Sandqvist william@kth.se

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!

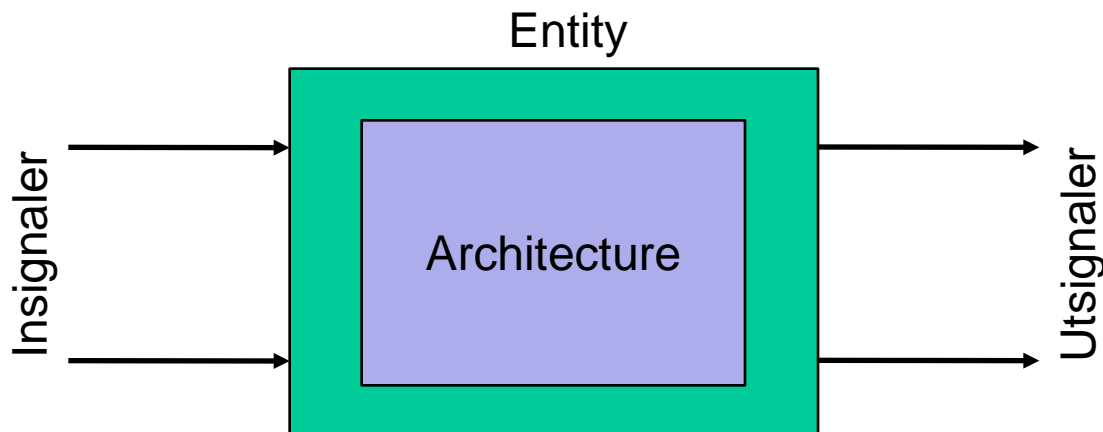


CAD-verktyg

- 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

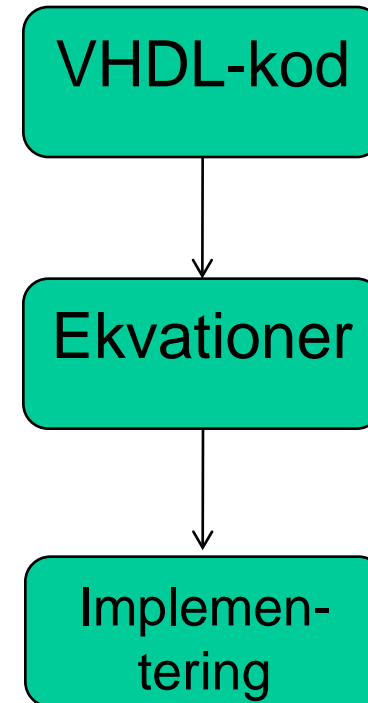
Designen beskrivs med ***entity*** (black box) och ***architecture*** (innehållet i boxen)



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.*

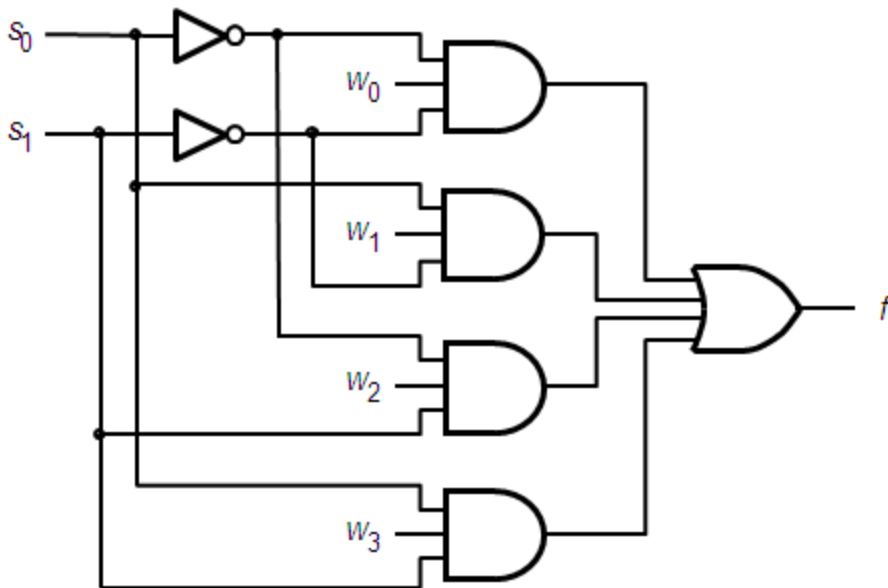
Fortsättningskurser finns!

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:* ↓

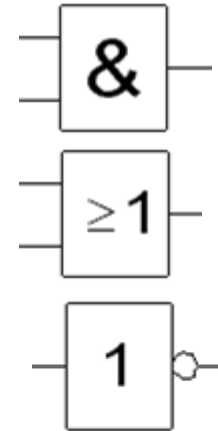
AND



OR



NOT

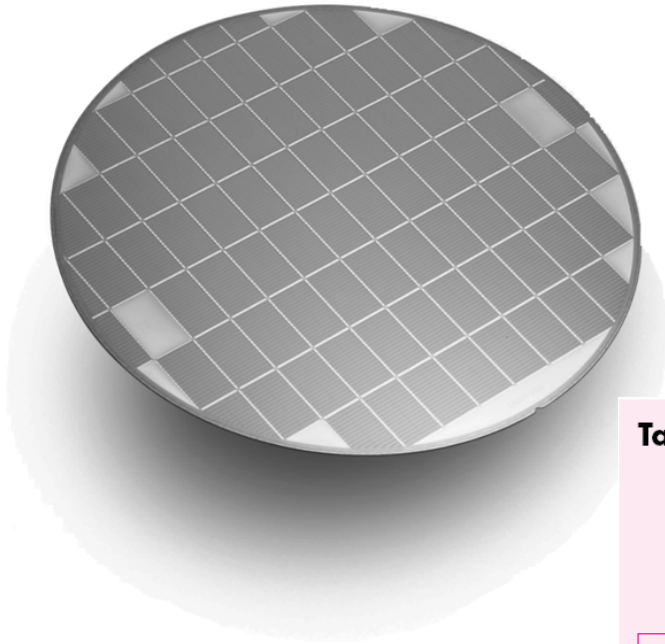


• *Mer snart i kursen ...*

↑
Annat utseende på den
internationella standarden:

William Sandqvist 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 ² | 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

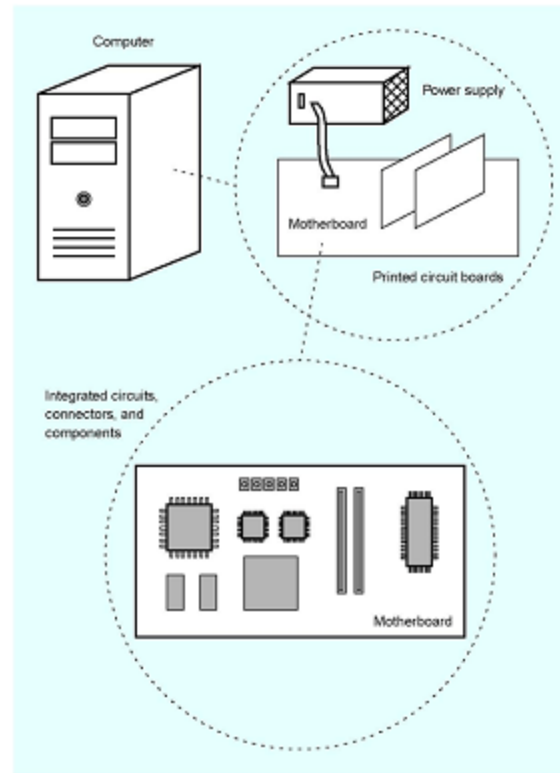
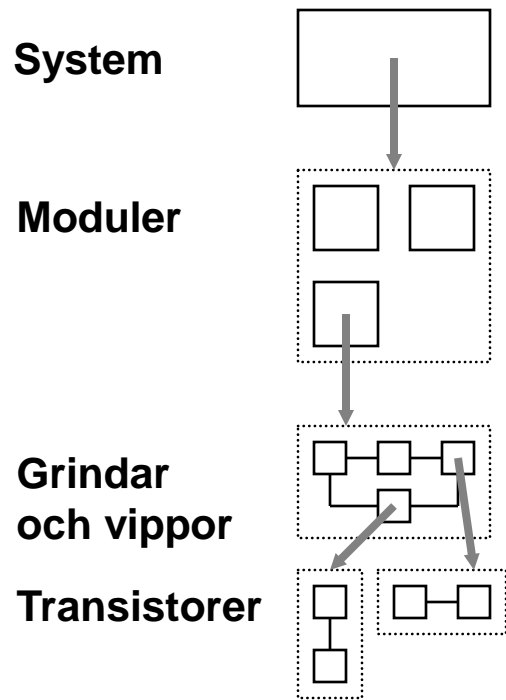


Figure 1.5. A digital hardware system (Part a).

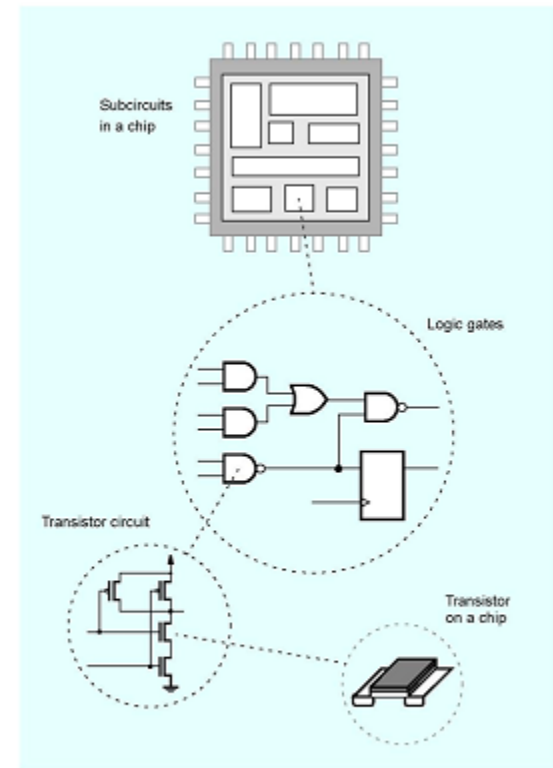
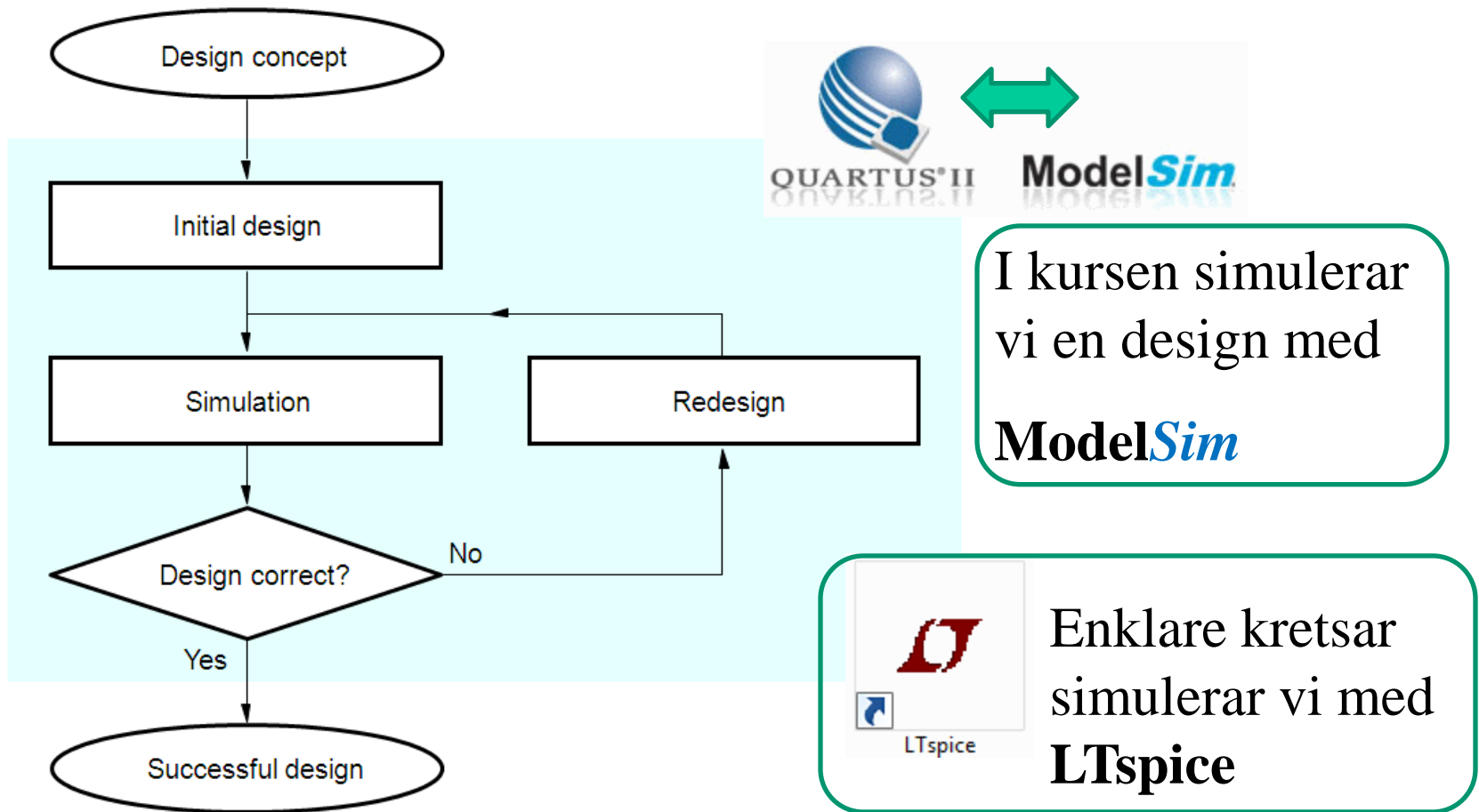


Figure 1.5. A digital hardware system (Part b).

Designprocessen



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
 m antal heltals siffror

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

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

Representation av ett "kommatal"

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

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

Binära talsystemet

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

m antal binära heltalssiffror.

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

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

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

binärpunkt

Oktala talsystemet

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

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

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



Siffer-
displayer

Hexadecimala talsystemet

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

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

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



Sjusegment-
displayer

Talsystem med basen b

En allmän formulering kan erhållas för basen b

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

Karl den 12:e ville införa basen 12!

Sexagesimala talsystemet med basen 60 används fortfarande för tidmätning och till GPS:en

– inget för den här kursen!

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 binära 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