

## **TDT4110 - ITGK - Hardware**

### Kapittel 1: Definere Informasjonsteknologi

Terje Rydland - IDI/NTNU

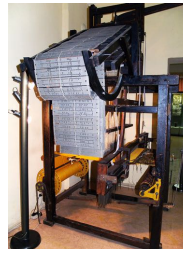
## Læringsmål

- Vite om, og forstå
  - Historie
  - Terminologi (Godt ordforråd)
  - Kabler og symboler
  - Harddisk (sekundært minne)
  - Kretskort
  - Integrerte Kretser («integrated circuits»)
    - Prosessoren, Minne-kretser, andre kretser
    - Bygd opp av transistorer i Silisium.

## Kjapp historikk

- Joseph Marie Jacquard - Jacquardvev (1801)

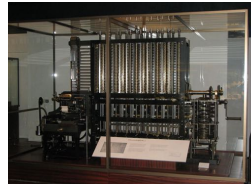
- Programmerbar vevstol som produserte vevnader beskrevet på hullkort



"Hand-driven-jacquard-loom" by Edal Anton Lefterov - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hand-driven-jacquard-loom.jpg#/media/File:Hand-driven-jacquard-loom.jpg>

- Charles Babbage - Analytical (1840) og Difference (1832) engine

- Programmeres med hullkort. Skilte beregning og lagring, og støttet de 4 regneartene, conditional branching og sløyfer ++



- Herman Hollerith - IBM - hullkort (ca 1880)

- Leste av dataverdier fra hullkort med elektrisitet for å gjennomføre folketelling.



"HollerithMachine CHM" by Adam Schuster - Flickr: Proto IBM. Licensed under CC BY 2.0 via Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HollerithMachine.CHM.jpg#/media/File:HollerithMachine.CHM.jpg>

- Atanasoff - ABC (ca. 1940)

- 270 radiatorør. Kunne ikke programmeres. Hukommelse.



"Atanasoff-Berry Computer" by User:Manop - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Commons - [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atanasoff-Berry\\_Computer.jpg#/media/File:Atanasoff-Berry\\_Computer.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atanasoff-Berry_Computer.jpg#/media/File:Atanasoff-Berry_Computer.jpg)

## Kjapp historikk

- Konrad Zuse - Z3 (Berlin, 1941)

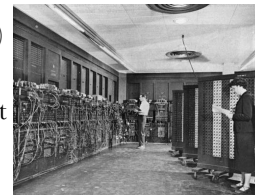
- 2000 reléer. Første programmerbare digitale datamaskin.



"Z3 Deutsches Museum" by Venusianer at the German language Wikipedia. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Commons - [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Z3\\_Deutsches\\_Museum.JPG#/media/File:Z3\\_Deutsches\\_Museum.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Z3_Deutsches_Museum.JPG#/media/File:Z3_Deutsches_Museum.JPG)

- ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator - 1946)

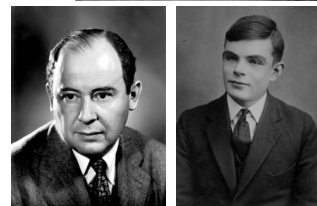
- Første elektroniske general-purpose computer. Programmerbar. Finansiert av militære i USA. Input og output på hullkort.



"Eniac" by Unknown - U.S. Army Photo. Licensed under Public Domain via Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eniac.jpg#/media/File:Eniac.jpg>

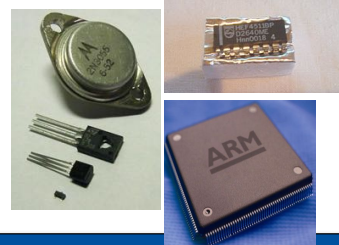
- John von Neumann, Alan Turing

"JohnvonNeumann-LosAlamos" by LANL - <http://www.lanl.gov/history/atomicbomb/images/NeumannL.GIF> (Archive copy at the Wayback Machine (archived 11 March 2010)). Licensed under Public Domain via Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:JohnvonNeumann-LosAlamos.gif#/media/File:JohnvonNeumann-LosAlamos.gif>



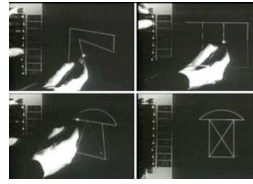
"Alan Turing Aged 16" by Unknown - <http://www.turingarchive.org/viewer/?id=521&title=4>. Licensed under Public Domain via Commons - [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alan\\_Turing\\_Aged\\_16.jpg#/media/File:Alan\\_Turing\\_Aged\\_16.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alan_Turing_Aged_16.jpg#/media/File:Alan_Turing_Aged_16.jpg)

- Transistoren (ca 1947), Integrerte kretser (60-tallet), Mikroprosessor (1971 -> )



## Kjapp historikk

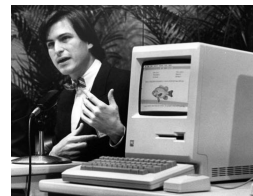
- Ivan Sutherland - Sketchpad (1963)
  - Første grafiske interaktive UI
- Douglas Engelbart og SRI (60-tallet)
- Xerox PARC (70-tallet)
- Steven Paul Jobs og Apple Macintosh (1984)



"SRI Computer Mouse" by SRI International - SRI International. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Commons - [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SRI\\_Computer\\_Mouse.jpg#/media/File:SRI\\_Computer\\_Mouse.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SRI_Computer_Mouse.jpg#/media/File:SRI_Computer_Mouse.jpg)



"Xerox Star 8010 workstations" by Source (WP:NFCG#4). Licensed under Fair use via Wikipedia - [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Xerox\\_Star\\_8010\\_workstation.jpg#/media/File:Xerox\\_Star\\_8010\\_workstation.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Xerox_Star_8010_workstation.jpg#/media/File:Xerox_Star_8010_workstation.jpg)



## Kjapp historikk

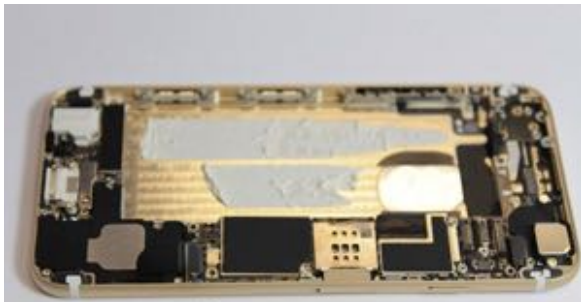
- ARPANet/Internet (1969)
  - Advanced Research Projects Agency
- WWW, HTML (1993) - Tim Berners-Lee
- Bærbart utstyr for lomma (1994/2007) - Newton/iPhone/iPAD



7

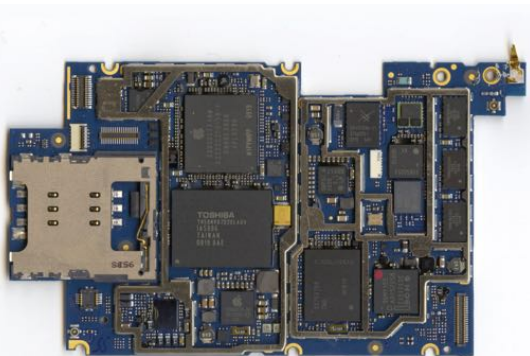
## Datamaskiner er overalt - miniatyrisering og masseproduksjon

- Mye av det vi bruker i det daglige styres av/er datamaskiner
  - Biler, telefoner, vaskemaskiner...
- Når vi f.eks. åpner en iPhone ser vi først bare metallplater
  - De beskytter omgivelsene mot elektromagnetisk stråling
- Deretter ser vi et digert batteri
- Elektronikken utgjør bare litt av innmaten



8

## Datamaskiner er overalt - miniatyrisering og masseproduksjon



Oversiden av det trykte kretskortet i en iPhone 3GS (2009); prosessoren og minnet kan sees som Integrerte Kretser (IC = Integrated Circuits).



Kretskortet i en iPhone 6 (2014).

## Terminologi

- For å definere informasjonsteknologi (IT)
  - må man lære seg IT-språket for å kunne uttrykke seg presist
    - Akronymer - første bokstav i hvert ord
      - WYSIWYG (What You See Is What You Get)
      - SOC (System On a Chip)
      - Forskjell på MAC (Media Access Control) og Mac (forkortelse for Macintosh)
    - Sjargong
      - «Klikke Rundt»
    - Metaforer
      - Hverdagsord som «vindu» har en spesiell betydning i IT
    - Korrekt
      - I CPUer bruker man **silisium** *ikke* silikon

Dansk/Norsk

5 B Bor 10,81	6 C Carbon 12,011	7 N Kvælstof 14,007	8
13 Al Aluminium 26,981	14 Si Silicium 28,085	15 P Fosfor 30,973	16
31 Ga Gallium 69,723	32 Ge Germanium 72,63	33 As Arsen 74,921	34

Engelsk

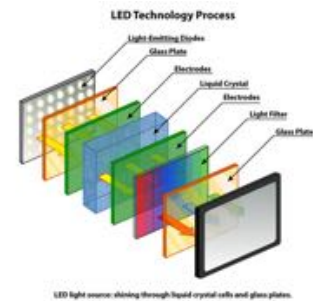
5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.00674	8
13 Al Aluminum 26.981539	14 Si Silicon 28.0855	15 P Phosphorus 30.973762	16
31 Ga Gallium 69.732	32 Ge Germanium 72.64	33 As Arsenic 74.92159	34

## Hvorfor må vi vite akkurat riktig ord?

- Det er mange nye begrep i IT
  - Det lages ord for ideer, konsepter og enheter som aldri har eksistert før
- Faglærte bruker riktig ord for riktig begrep
  - Kort og konsist
  - Bruke feil terminologi avslører manglende kunnskap
- Terminologi er grunnlaget for å lære et nytt fag
  - Ord representerer ideer og konsepter
    - Presis ordbruk medfører presis forståelse av ideene
- I kommunikasjon med andre
  - For å kunne stille spørsmål og få hjelp
  - På e-post, i telefonen, gjennom online hjelpesystemer

## Datamaskin

- **Input/Output-enheter**
  - Mus, styreflate, mikrofon, kamera, skjerm, printer...
- **Hovedenhet**
  - Beregningsenheten - CPU
  - Hukommelse - RAM
- **Eksterne enheter**
  - Harddisker, dvd-disker ++



## Koble ting sammen

- Koble komponentene til maskinen og til strømkilde
- Kabler må plugges inn riktig (EDB Team-Co plugget backup-kablene tilbake til hovedmaskina for alle minibankene i Norge i 2003. En uke uten minibank!)
  - Støpsler og plugger ofte merket med farge-koder
  - Pluggene passer bare inn i "sine" støpsler

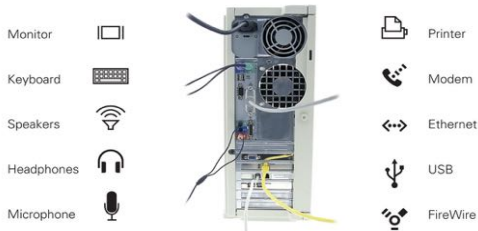


Figure 1.3. Examples of icons commonly displayed on computer cables and sockets.



DisplayPort, USB-C, Thunderbolt-3...

Standardiseres mot USB-C/  
Thunderbolt 3



Type-C

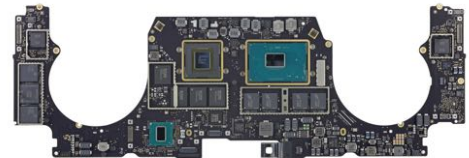
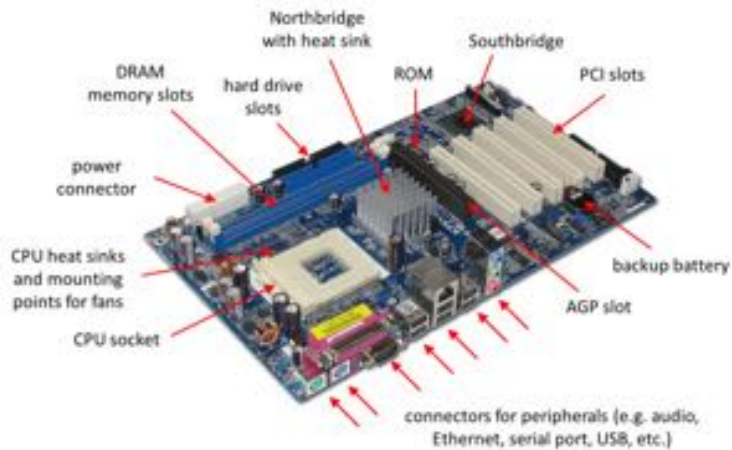


## Hoved(krets-)kort (Motherboard)

- Trykt kretskort inne i kabinettet
  - Inneholder mesteparten av kretsene til PC-systemet
  - Kan ha mange forskjellige utseender



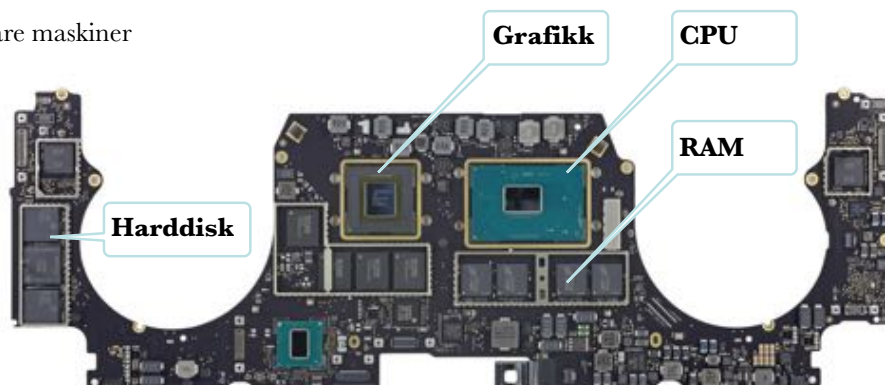
iPhone 6



MacBook Pro 2016

## Hoved(krets-)kort (Motherboard) (2)

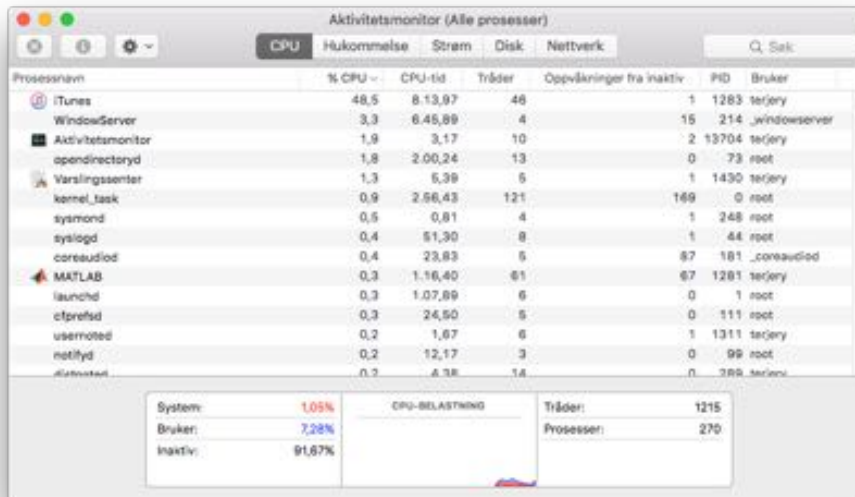
- Mindre kretskort kalt datterkort plugges inn i hovedkortet for å få ekstra funksjonalitet
  - Med raske eksterne porter (f.eks. Thunderbolt-3 eller USB3.1) kan man koble til eksterne kort.
- Hovedkortet inneholder **mikroprosessor-chipen**, også kalt den **sentrale prosessor-enheten (CPU)**, og **minnet**
- Mer og mer pakkes inn i mikroprosessoren (SOC - System On a Chip)
  - Mobiltelefoner
  - Nettbrett
  - Bærbare maskiner



MacBook Pro 2016

## Mikroprosessen

- Delen av systemet som foretar de faktiske utregningene
  - Ble kalt «mikro» i 1980 for å skille den fra større sammensatte prosessorenheter.
    - Central Processing Unit
- Dagens prosessorer er av flerkjerne-typen (Multi Cores)
  - Det kan være vanskelig å bryte programmene opp i deler som kan kjøre samtidig på de forskjellige kjernene, slik at regnekraften kan utnyttes.



## Minne (Primær- / Hoved-minne)

- Stedet hvor programmer og data lagres mens programmet kjører
- Slettes når maskinen slås av
- RAM: Random Access Memory
  - flyktig (ikke permanent)
- En PC inneholder flere millioner/milliarder bytes med RAM
  - Megabytes (MB) / Gigabytes (GB)
- Hva betyr «Random Access»
  - Alle elementer kan hentes direkte
  - Forskjellig fra sekvensiell aksess (f.eks. LP/kassetter/spolebånd)

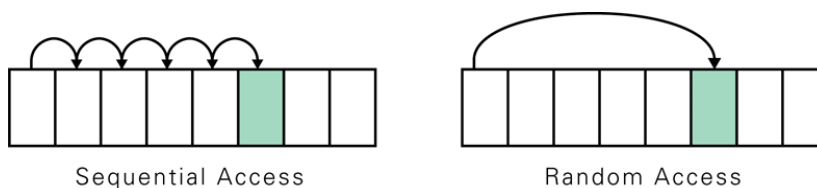


Figure 1.10 Sequential versus random access.



## Harddisk (Sekundærminne)

- Høy-kapasitet, persistent perifer lagringsenhet
  - Lagrer programmer og data som ikke er i øyeblikkelig bruk i datamaskinen
  - Laget av magnetiserte jern-legeringer
    - Informasjonen beholdes enten PC-en er av/på
    - Kalles permanent eller persistent minne
      - ikke-volatilt (ikke-flyktig, ikke-temporært)
- Liten stabel med blanke metallskiver med en arm som sveiper over/mellom skivene
- 2014: Solid State (Hard) Drives
  - Laget av «Flash Memory»
  - Ingen bevegelige deler - dvs: Rask
  - Stor “permanent” «RAM»
  - Slites akkurat som magnetiske disk.
- Harddisker er også direkte aksess (ikke sekvensielle)



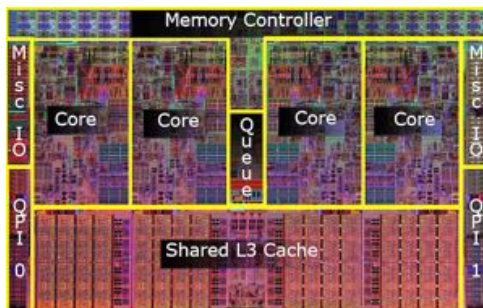
"Vertex 2 Solid State Drive by OCZ-top oblique PNr#0307" by D-Kuru - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 at via Commons - [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vertex\\_2\\_Solid\\_State\\_Drive\\_by\\_OCZ](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vertex_2_Solid_State_Drive_by_OCZ)

## Lagring fra RAM til Harddisk

- Lagring (Saving) flytter informasjon fra RAM til harddisk
  - Forsiktige brukere lagrer ofte
  - Moderne OS gjør vanligvis automatisk mellomlagringer
- RAM-minnet er flyktig (volatilt)
  - Informasjon forsvinner når strømmen skrur av
  - Hvis datamaskinen feiler eller re-startes vil bare data på harddisk overleve
  - Moderne systemer tar gjerne backup, slik at data overlever krasj

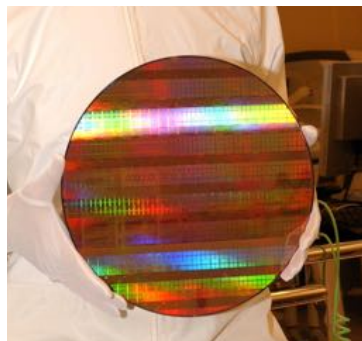
## Integrerte Kretser «Integrated Circuits» (IC)

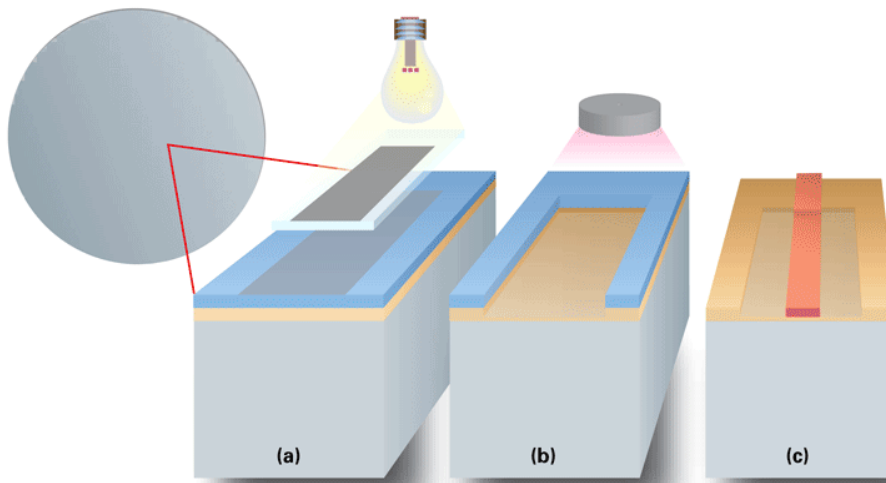
- Miniaturisering:
  - Klokkehastighetene kan være så høye fordi CPUene er så små (elektriske signaler kan forflytte seg omtrent 33cm på et nanosekund)
- ca. 1 milliard transistorer på en overflate på ca 150 mm<sup>2</sup> - 1\*1,5 cm
- Fotolitografi
  - Trykkeprosess (som trykte bøker, side for side).
  - Flere lag oppå hverandre.
  - Istedetfor å koble sammen kretser for hånd
  - «Fotografere» de kretsene man ønsker, og etse bort tomrommene i mellom «ledningene»
  - Uansett hvor komplisert kablingen er, så er kostnaden og mengden arbeid alltid den samme



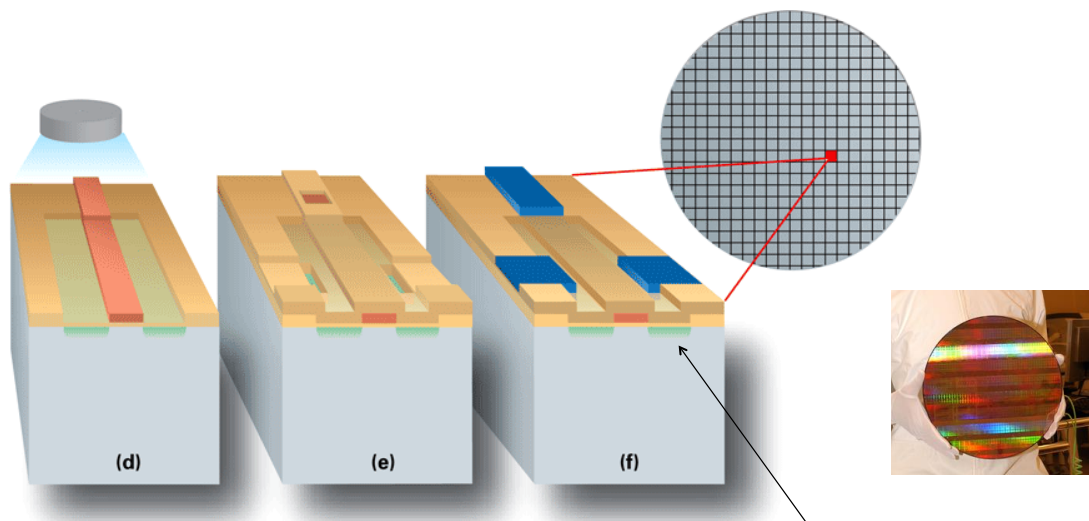
## Integrerte Kretser (2)

- Fotolitografi
  - Trykkeprosess (som trykte bøker, side for side).
  - Flere lag oppå hverandre.
  - Istedetfor å koble sammen kretser for hånd
  - «Fotografere» de kretsene man ønsker, og etse bort tomrommene i mellom «ledningene»
  - Uansett hvor komplisert kablingen er, så er kostnaden og mengden arbeid alltid den samme





**Figur 9.16** Første steg i fabrikkingsprosessen. (a) Et lag med fotoresist (blå/grå) eksponeres for UV-stråling gjennom en mønstermaske (lysblå/grå), og de eksponerte områdene herdes (blå); (b) den ueksponerte (myke) fotoresisten er vasket bort, og da kan varme gasser etse bort det ubeskyttede metallet (brunt) i det eksponerte laget, og bare enkelte beskyttede «komponenter» blir igjen; (c) resten av fotoresist-laget (som har beskyttet det gjenværende laget) vaskes/pusses så bort, og andre lag (rød) kan lages ved å gjenta mønstertegning og etse-prosessen med andre lag senere i prosessen.



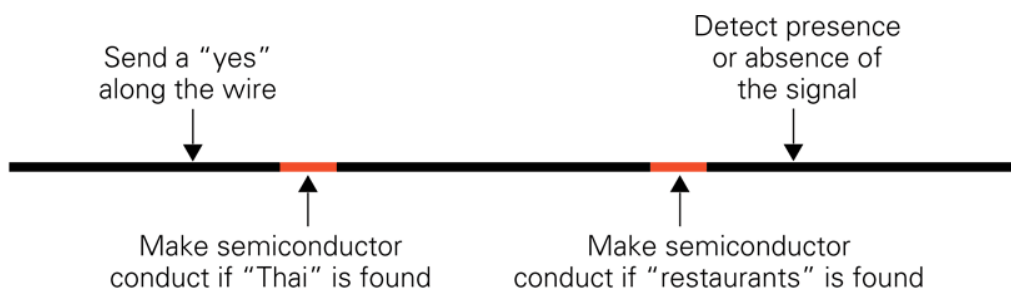
**Figur 9.16...** (d) «Urenheter» (grønn) som for eksempel bor(+) eller fosfor(-), spres inn i silisium i en prosess som kalles doping, og det øker tilgjengeligheten av hull (+) eller elektroner(-) i den regionen som er dopet. (e) Etter at flere lag er lagt, kan man ved spesifikk etsning eksponere kontaktpunkter for metall-kabler, og (f) et metall (mørk blå) som f.eks. aluminium legges, og skaper kontakter («wires») som kobles til andre transistorer. Millioner av slike transistorer utgjør en datamaskin-brikke som opptar bare en liten firkant på hele den produserte silisium-platen («kjeks», wafer).

## Hvordan halv-leder-teknologi virker

- Integrering:
  - Aktive komponenter, og kontaktene som kobler dem sammen, er alle sammen laget av lignende materialer i en enkelt prosess
  - Dette sparer plass og fører til at hele systemet er bare en monolittisk del, som er mer pålitelig enn flere smådeler
- Silisium er en halv-leder — noen ganger leder det strøm, andre ganger ikke
  - Evnen til å kontrollere når en halv-leder leder eller ikke er hoved-redskapen i all datamaskin-konstruksjon

## På-igjen, Av-igjen; Silisiums oppførsel

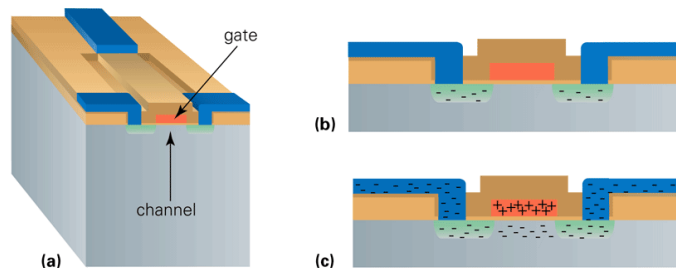
- En krets er laget for å beregne «x og y» for alle mulige logisk verdi av x og y («true/false»)
- Hvis x er «sann» skal kretsen lede elektrisitet og signalet passerer til den andre enden av ledningen; hvis x er «usann» (false) skal signalet ikke passere
- Det samme gjøres for y-kretsen
- Hvis begge kretsene leder strøm, x og y er sanne—så har vi beregnet logisk «AND»



**Figure 9.17** Computing Thai AND restaurants using a semiconducting material.

## Felt-effekten

- Kontrollerer ledeevnen til halvlederen (Silisium)
- Objekter kan bli positivt eller negativt ladet
  - Like ladninger frastøter hverandre, men ulike ladninger tiltrekkes.  
Denne effekten kalles felt-effekten.



**Figur 9.18** Virkemåten til en felt-effekt transistor. (a) Tverrsnitt av transistoren fra Figur 9.16f. (b) Porten (rød) er nøytral og kanalen (Silisiumregionen rett under porten) leder ikke strøm, så ledningene (blå) er isolerte; (c) Ved å «lade» porten begynner kanalen under å lede strøm, og ledningene blir dermed sammenkoblet

- Spalten mellom to ledninger behandles for å øke spaltens ledende/ikke-ledende egenskaper
- Spalten blir da en *kanal* (en sti hvor elektrisitet kan bevege seg mellom de to kablene)
- En *isolator* dekker kanalen
- En ledning kalt *porten* går over *isolatoren*
- Porten er adskilt fra kanalen av isolatoren — ikke direkte kontakt med hverken ledningene eller kanalen
- Elektrisitet ledes ikke mellom de to kablene, bortsett fra gjennom kanalen som bare leder når porten er «ladet»
- Silisiumet i kanalen leder strøm (bare) når den befinner seg i et ladet felt
  - Elektroner blir tiltrukket eller frastøtt i Silisium-materialet
  - Ved å lade porten positivt lages et felt over kanalen slik at strømmen kan gå mellom de to ledningene

## Transistorer

- Transistor: En kobling mellom to ledninger som kan styres til å la elektriske ladninger flyte, eller ikke, mellom to kabler
  - En bryter uten bevegelige deler
- Vi har nettopp beskrevet en MOS-transistor: Metall-Oksyd Halvleder («Semiconductor»)

## Neste Uke

- Hvordan kan maskinen nyttiggjøre seg av alle disse superraske (transistor-) kretsene i CPU-en?