

**Fysikkprosjekt i Elektrisitet og Magnetisme 2**  
**Høsten 2005**

# **Datamaskinen**

*Historie, oppbygning og virkemåte*



**Av**

**Andreas Wahl, Patrick Slåttnes og Simen Eidsmo Barder**

# *Innholdsfortegnelse*

---

	<b>Side</b>
<b>Innledning</b>	<b>4</b>
<b>Datamaskinens historie</b>	<b>4</b>
Abakusen og de første regnemaskinene	4
Transistoren og mikroprosessen	5
<b>Datamaskinens oppbygning</b>	<b>8</b>
Kabinettet	9
Hovedkort og koblinger	9
Formfaktor	10
<b>Tastaturet</b>	<b>10</b>
Skrivemaskinen	10
Dovrak-oppsettet	11
Tastaturets oppbygning	11
Fordeler og ulemper	13
Gummikuppel-tastaturet	14
<b>Datamusen</b>	<b>14</b>
Datamusens historie	14
Datamusens oppbygning	15
<b>Behandling av data</b>	<b>16</b>
Transistorer	17
Halvledere	17
Dioder	18
”Bipolar junction transistor”, BJT	18
”Field-effect transistor”, FET	19
Mikroprosessor	20
<b>Primærlagring</b>	<b>23</b>
RAM	23
Hurtigbuffer	25
ROM	26
<b>Sekundærlagring</b>	<b>27</b>
Magnetisk lagring	27

<b>Optisk lagring</b>	<b>27</b>
<b>Harddisk</b>	<b>28</b>
<b>Virkemåte</b>	<b>28</b>
<b>CD og DVD</b>	<b>30</b>
<b>Skjerm/monitor</b>	<b>31</b>
<b>Signal</b>	<b>32</b>
<b>Bilderørskjermer – CRT</b>	<b>33</b>
<b>Visningen av bilder</b>	<b>34</b>
<b>Flatskjermer – LCD</b>	<b>35</b>
<b>Flytende krystaller</b>	<b>35</b>
<b>LCD-skjermens sammensetning</b>	<b>35</b>
<b>Passive rutenett</b>	<b>36</b>
<b>Aktive rutenett</b>	<b>37</b>
<b>Lys</b>	<b>37</b>
<b>Farge</b>	<b>37</b>
<b>Andre typer monitorer og projektorer</b>	<b>37</b>
<b>Datamaskinens fremtid</b>	<b>38</b>
<b>Refereanser</b>	<b>40</b>

## *Innledning*

---

Datamaskiner utgjør en del av hverdagen til nær sagt alle mennesker i vår del av verden. De finnes overalt rundt oss og for mange er de et nyttig og viktig verktøy. Ingenting tyder på at datamaskiner kommer til å miste sin posisjon i samfunnet, snarere tvert i mot vil det bli både flere av dem og de vil bli viktigere. Mange tenker på en Personal Computer, PC, når de hører ordet datamaskin. Det kan enten være en bærbar laptop eller en stasjonær skrivebordsmaskin.

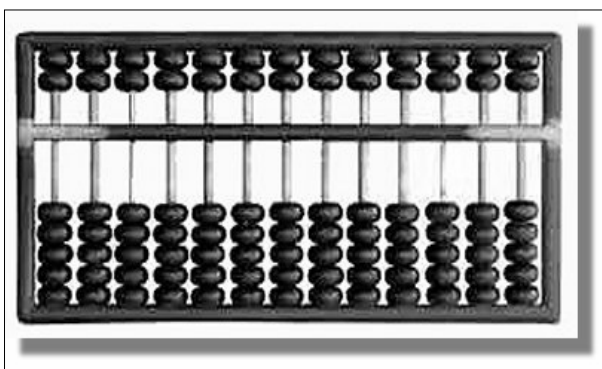
De fleste grunnkomponentene i andre datamaskiner finnes igjen i PC-er. I denne oppgaven har vi derfor sett på hvordan PC-en er bygget opp og hvordan komponentene bygger på elektriske og magnetiske egenskaper.

## *Datamaskinens historie [20-27]*

---

### **Abakusen og de første regnemaskinene**

En datamaskin kan defineres som en maskin som tar inn en form for data, prosesserer denne informasjonen, og gir ut behandlede data. Mennesket har alltid ønsket å forenkle det rutinemessige arbeidet som vanlig regning er, og oppdaget tidlig at man ikke kom langt nok ved å bare regne på fingrene. Småstein ble derfor brukt som hjelpemiddel ved større utregninger, derav ordet ”kalkulere”, som kommer fra det latinske ordet for småstein; ”calculus”. Kuleramma, eller abakusen, er en avansert form for regning med steiner, figur 1.



**Figur 1;** Kuleramma var den første ”datamaskinen”.

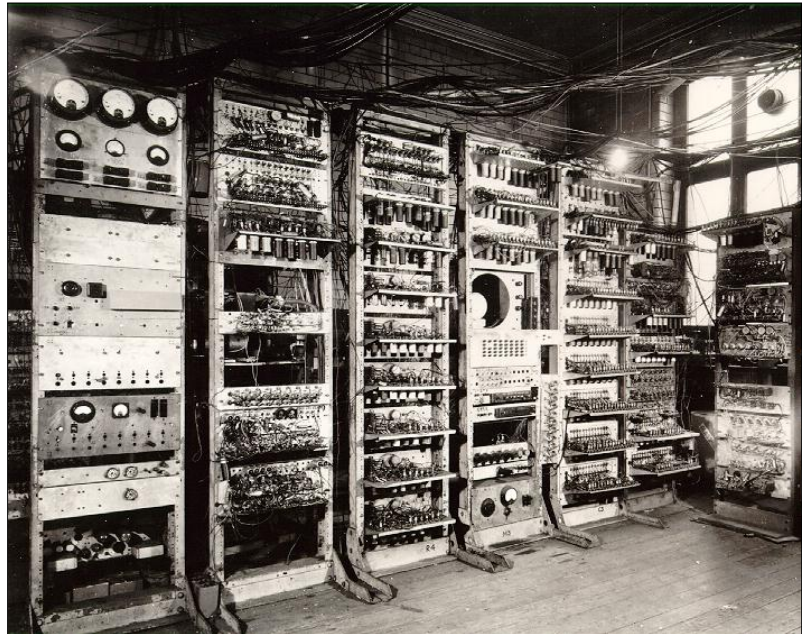
Abakusen ble trolig oppfunnet av babylonerne rundt 2400 f. Kr, og kan med sitt primitive input/outputsystem kalles den første datamaskinen. Abakusen var det raskeste regneredskapet helt frem til 1642, da matematikeren Blaise Pascal bygget den første mekaniske regnemaskinen. Pascal får vanligvis æren for denne oppfinnelsen, selv om Leonard da Vinci tegnet skisser av en lignende innretning på 1500-tallet.

Charles Babbage var en engelsk matematiker som i 1822 utviklet ”The Difference Engine”, verdens første automatiske, mekaniske regnemaskin. Maskinen ble aldri fullført, blant annet fordi de mekaniske elementene han trengte for å bygge den ikke var ferdig utviklet på den tiden. Charles Babbage blir likevel ofte omtalt som datamaskinens far, fordi hans arbeider forandret definisjonen på hva en datamaskin skal bestå av;

- en input/outputenhet
- en innretning til å styre maskinen
- en lagringsenhet til både mellomlagring og lagring av ferdig resultat
- en innretning til å automatisk utføre selve regneoperasjonene
- en skriverenhet som visualiserer det ferdige resultatet

Den dag i dag omfatter denne definisjonen i prinsippet de aller fleste datamaskiner.

Inspirert av Babbage's "Difference Engine", ble datamaskinen "Mark 1" bygget ved Harvard-universitetet i 1937-43, figur 2. Maskinen ble bygget av studenten Howard H. Aiken med finansiell støtte fra IBM, "International Business Machine Corporation", som senere skulle bli verdens største dataselskap. På grunn av 2. verdenskrig skulle den flere tonn tunge maskinen hovedsakelig brukes til å regne ut baner for kanonkuler. Da den ble lansert tok det imidlertid ikke lang tid før den var utdatert, i og med at de mekaniske komponentene den bestod av, var i ferd med å bli erstattet av elektriske.



**Figur 2;** Datamaskinen Mark 1, en utrolig stor regnemaskin i forhold til dagens standarder. Avanserte lommeregnerne kan i dag utføre samme operasjoner som Mark 1.

Bare 2 år etter lanseringen av Mark 1, ble maskinen "ENIAC" ferdigutviklet av John Mauchly og John Presper Eckert ved ingeniørhøyskolen i Pennsylvania. ENIAC, "Electronic Numerical Integrator and Calculator", var verdens første elektriske datamaskin, og med mulighet for å utføre 5000 operasjoner per sekund, var den over 1000 ganger raskere enn Mark 1, noe som tilsvarer 60-125 kHz. Til tross for forbedringen, var ENIAC fortsatt en førstegenerasjons datamaskin, som tok opp 170 kvadratmeter, veide hele 30 tonn og som hadde problemer med overoppheting.

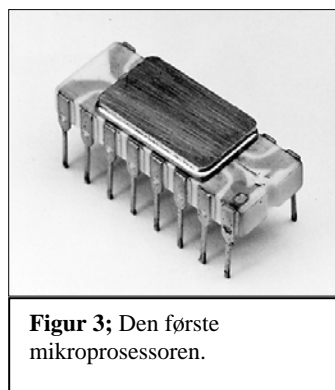
## Transistoren og mikroprosessen

Med den nobelprisvinnende oppfinnelsen av transistoren, ved Bell Laboratories i USA i 1947, startet dataevolusjonen for alvor. I 1959 ble de første databrikkene utviklet ved Texas Instruments, noe som åpnet opp for en helt ny generasjon datamaskiner, basert på transistorer og integrerte kretser. Transistorene fungerte som på/avbrytere eller forsterkere til de elektriske kretsene i databrikken, og man kunne dermed "programmere" dem til å frakte med seg informasjon i form av elektrisk strøm. Førstegenerasjons-datamaskinene måtte benytte seg av såkalte *radiatorer* til å gjøre samme jobben, og disse tok opp en enorm plass i forhold til transistorene.

I 1964 ga IBM ut sin maskin "IBM 360", som var den første hvor kundene til en viss grad selv kunne velge maskinens spesifikasjoner. Dette året hadde prisen på en databrikke sunket fra 1000 dollar til 10 dollar på grunn av stadig nye teknologiske framskritt. Gordon Moore, en av stifterne av Intel Corporation, forutsa i 1965 at antallet transistorer på en integrert krets ville dobles hver 18. måned. Denne forutsigelsen fikk betegnelsen "Moore's lov", og har vært en bra tilnærming helt frem til i dag.

Neste generasjon datamaskiner kom med Ted Hoff's oppfinnelse av mikroprosessen i 1971, figur 3.

Året etter ga Intel ut sin første mikroprosessor, som var liten nok til å få plass i en fyrstikkeske, men samtidig kunne yte like mye som ENIAC. Med mikroprosessen kom også den første PC (Personal Computer); "MITS Altair 8800". I motsetning til sine forgjengere, som var beregnet på næringslivet og det offentlige, var denne maskinen rettet mot privatpersoner. På denne tiden ble også det første kommersielle dataspillet, "Pong", gitt ut.



Et par år senere lanserte Steven Jobs og Stephen Wozniak den første datamaskinen med farger; "Apple II", og Bill Gates & Paul Allen stiftet "Microsoft Corporation", eller "Microcomputer Software Corporation", figur 4.

Etter å ha inngått en svært gunstig avtale med IBM, utviklet Microsoft operativsystemet til deres første PC i 1981. Like etter ga de ut operativsystemet "Windows 1.0". Dette ble ingen stor suksess, men Windows-serien var grunnlaget for at de senere skulle bli den ledende leverandøren av operativsystemer.



**Figur 4;** Fra venstre: Paul Allen og Bill Gates, stifterne av Microsoft Corporation. Bill Gates er i dag en av verdens rikeste menn.

I 1993 ga Intel ut prosessoren "Pentium", og med sine 3,1 millioner transistorer, muliggjorde den krevende multimedieoperasjoner som film, musikk og avanserte spill. Tabell 1 under viser utviklingen til Intels prosessorer, som lenge var de ledende på markedet.

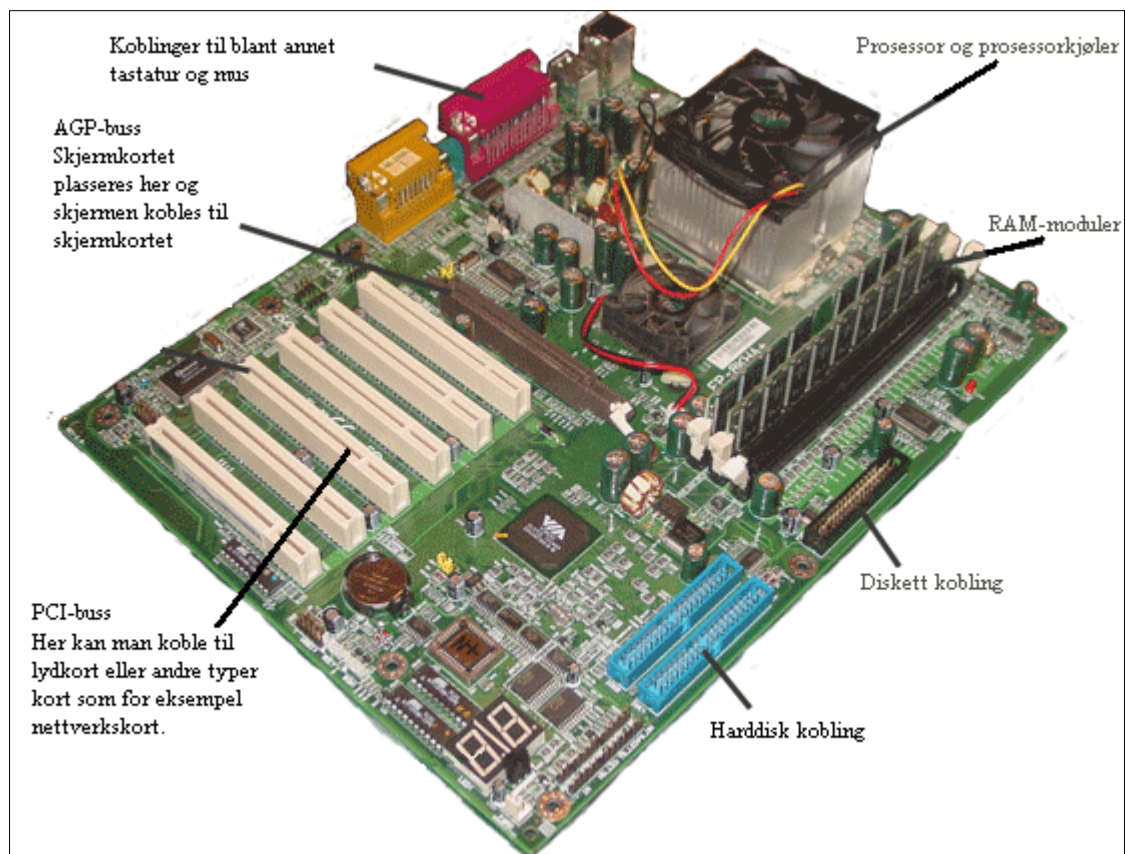
Som nevnt tidligere følger denne utviklingen Moores lov til en viss grad, og på grunn av den teknologiske utviklingen og konkurranse mellom bedriftene, kommer fremtidens datamaskiner til å bli både mindre, raskere og billigere.

Prosessortype	Lanseringsår	Antall transistorer	MIPS
8080	1974	6'000	0,64
8088	1979	29'000	0,33
80286	1982	134'000	1
80386	1982	275'000	5
80486	1989	1'200'000	20
Pentium	1993	3'100'000	100
Pentium 2	1997	7'500'000	300
Pentium 3	1999	9'500'000	510
Pentium 4	2000	42'000'000	1700
Pentium 4 "Prescott"	2004	125'000'000	7000

**Tabell 1;** Utviklingen av Intels prosessorer. MIPS = Millioner instruksjoner som kan utføres per sekund. Dette kan sees på som prosessorens totale ytelse.

## Datamaskinens oppbygning [30-33]

Dagens datamaskiner kommer i veldig mange forskjellige størrelser og fasonger, men de har alle sammen likhetstrekk. ”Arkitekturen” i en datamaskin, hvordan komponentene skal settes sammen og hvordan de skal kommunisere med hverandre, har forandret seg enormt siden den første datamaskinen. Det er veldig vanskelig å ta for seg alle disse forskjellige arkitekturene, men vi skal ta for oss den mest vanlige per 2005.



**Figur 5;** Her kan man se et ganske vanlig hovedkort som har de fleste og de viktigste funksjonene som man finner i en datamaskin i 2005.

Det første man legger merke til når man ser en datamaskin er ofte skjermen, musen, tastaturet og kabinettet, se forside og figur 6. Skjermen er den delen som man bruker mest, det er den delen som viser oss all informasjon i form av tekst, bilde, video og alle andre former for visuell informasjon. Tastaturet og musen er de komponentene man bruker for å kommunisere med datamaskinen, uten et tastatur kunne vi aldri ha skrevet en tekst, og musen gjør ting utrolig mye lettere for oss når vi vil navigere mellom, for eksempel, programmer.



## Kabinettet

Kabinettet er bare en metallkasse som beskytter alle de sensitive komponentene som en datamaskin består av. Man kan sammenligne kabinettet med menneskets kropp; huden fungerer på samme måte som kabinettet for den skal bare beskytte våre sensitive indre organer. Uten kabinettet kan de sensitive komponentene mye lettere utsettes for statisk elektrisitet og støv/skitt som til slutt kan ødelegge disse. Mange privatpersoner har som hobby å lage egne kabinett. Siden kabinetter bare har som funksjon å beskytte komponentene og samle disse på et sted, er de ikke særlig vanskelig å bygge. Det er ikke uvanlig at personer har lagd kabinett av små kommoder eller små kjøleskap! Kabinettet skjuler også en strømforsyning, en komponent som alle datamaskiner må ha. Denne strømforsyningen er laget spesielt for datamaskiner og kan derfor levere ganske stabile spenninger og strømmer, som også er nødvendig på grunn av de sensitive kretsene i for eksempel en prosessor. Alle komponentene i en datamaskin trenger elektrisitet for å fungere.



**Figur 6;** Kabinetter kommer i utrolig mange forskjellige farger og fasonger. Dette er et ganske vanlig kabinett; enkelt å oversiktlig.

## Hovedkort og koblinger

Når man åpner et kabinett og ser på hva som befinner seg der inne, vil man kanskje først legge merke til hovedkortet. Dette er det største sammenhengende kretskortet som finnes i en datamaskin, og det har som oppgave å koble alle de andre komponentene sammen. Noen komponenter kobles direkte på hovedkortet, dette inkluderer prosessoren, RAM'en og diverse kort som for eksempel skjermkort og lydkort, se figur 5. Skjermen kobles ofte til skjermkortet som igjen er koblet til hovedkortet, men noen ganger kan skjermen også kobles direkte til hovedkortet hvis det finnes et integrert skjermkort der. Høytalere kan kobles til et lydkort som gjør at man for eksempel kan høre på musikk som spilles av i datamaskinen. Mus og tastatur kobles direkte til hovedkortet. Komponenter som harddisker og CD-stasjoner kobles til hovedkortet ved hjelp av diverse kabler som skal overføre data mellom disse og andre komponenter som sitter på hovedkortet. I realiteten er det "kabler", også kalt for "busser", mellom alle komponentene på et hovedkort og selve hovedkortet, men man velger å si at de komponentene som ligger veldig nært hovedkortet er koblet på direkte. Et eksempel på en "buss" er PCI-bussen, som man ser på figur 5, en kobling som gjør det mulig å feste på for eksempel et lydkort.

## Formfaktor

Hovedkortet som man kan se på figur 5 er laget etter en bestemt arkitektur; den har en viss størrelse og inneholder en viss mengde av standard "buss"-typer, men hvordan de forskjellige hovedkortprodusentene plasserer disse "buss"-typene og andre tilkoblinger kan variere mye, poenget er at de holder en viss standard på arkitekturen, som for eksempel størrelsen på selve kortet. Noen standarder, også kalt for formfaktor, blant hovedkort er ATX, MicroATX, BTX, MicroBTX, PikoBTX, ITX, LPX og WTX. Formfaktoren man ser på figur 1 er av typen ATX og er mest vanlig i dagens datamaskiner. ATX formfaktoren kan ikke være større enn 305 \* 244 millimeter stor.

## *Tastaturet [40-43]*

---

### Skrivemaskinen

Når man skal se nærmere på tastaturets historie, er det naturlig å begynne med skrivemaskinen. Den første mekaniske skrivemaskinen ble oppfunnet av amerikaneren Christopher Latham Sholes i 1867. I 1877 ble den forbedret og markedsført av Remington, USAs eldste våpenprodusent. På begynnelsen av 1900-tallet begynte skrivemaskinen å bli et vanlig verktøy i forretningslivet. Opprinnelig var tastene plassert alfabetisk, og intensjonen var at man skulle skrive kun med pekefingerne. Etter hvert som folk begynte å benytte seg av alle fingrene, økte skrivehastigheten betraktelig. Skrivemaskinen var ikke beregnet for slike hastigheter, og det endte ofte med at de mekaniske delene hang seg fast. Sholes løste dette problemet ved å arrangere tastene på en ulogisk måte, slik at tastene som ble brukt oftest, ble plassert lenger vekk fra sentrum av skrivemaskinen. Dette oppsettet fikk betegnelsen QWERTY, etter de seks første tegnene øverst på venstre side, figur 7, og ble umiddelbart tatt i bruk.



Figur 7; QWERTY-tastaturet.

## Dvorak-oppsettet

August Dvorak forsket på ergonomi ved Universitetet i Washington, og i 1936 utviklet han et nytt oppsett på tastene, som hovedsakelig innebar at vokalene og konsonantene ble plassert på hver sin side. Dette gjorde at man oftere brukte annenhver hånd, noe som igjen medførte høyere skrivehastighet og bedre ergonomi. På denne tiden hadde skrivemaskinene en forbedret mekanikk, slik at de i teorien var i stand til å fungere også under høye hastigheter. Dessverre hadde QWERTY-oppsettet blitt så vanlig i forretningslivet at ingen turte å lansere noen ny skrivemaskin med Dvorak-oppsett.

Tastaturet erstattet raskt skrivemaskinen idet den kommersielle datamaskinen kom på markedet, og selv om det i dag er mulig å få tak i tastaturer med Dvorak-oppsett, benytter de aller fleste seg av QWERTY-tastaturet.

## Tastaturets oppbygning

Et vanlig tastatur er bygd opp av rundt 105 forskjellige taster, avhengig av hvilket språk det tilhører. Man deler vanligvis tastene inn i fire forskjellige deler:

- alfabetet med tall og tegn
- funksjonstaster
- kontrolltaster
- numerisk del

Den numeriske delen av tastaturet har blitt plassert til høyre for å gjøre inntasting av numeriske data mer effektiv, og følger samme oppsett som en kalkulator. Funksjonstastene F1–F12 er plassert øverst på tastaturet, og tilegnes forskjellige kommandoer avhengig av hvilket program man kjører. Kontrolltastene brukes ofte til å navigere i dokumenter, slik som tastene "Home" og "End" som plasserer markøren på henholdsvis starten eller slutten av linja. Mange av de nyere tastaturene kalles *Windows-tastaturer*, siden de har to egne taster som er beregnet for å få frem menyer i operativsystemet Windows.

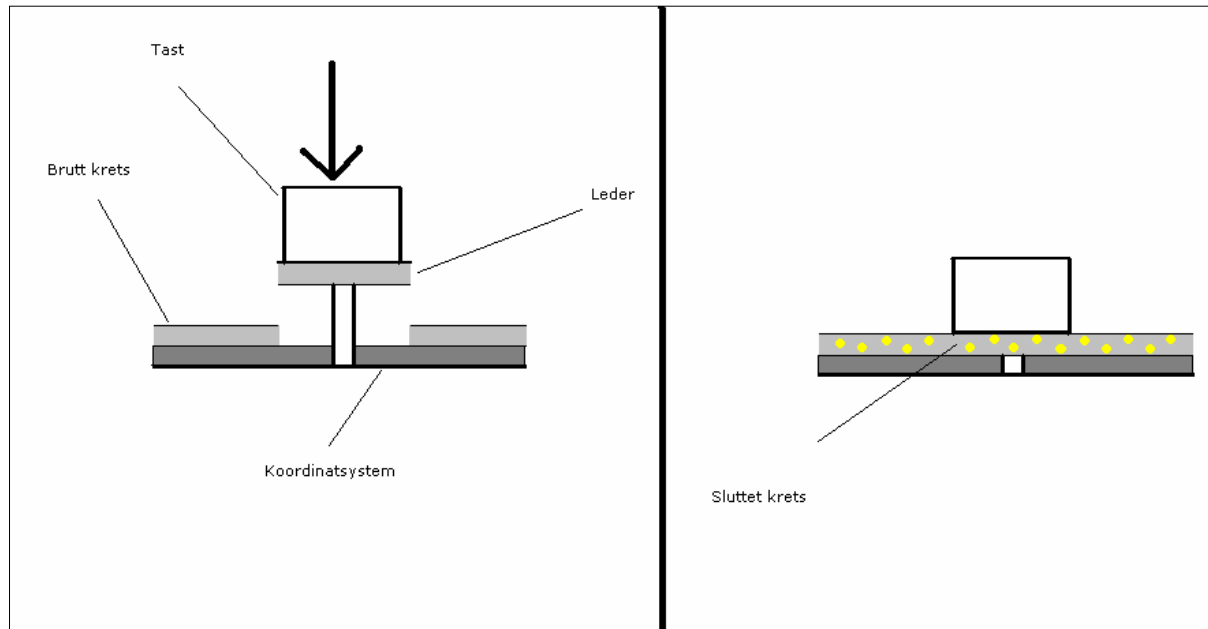
Når det gjelder tastaturets innvendige oppbygning finnes det flere typer, og hovedskillet går mellom mekaniske og kapasitansbaserte tastaturer. Felles for dem begge er at tastene er plassert oppå et koordinatsystem, noe som gjør at hver tast har sine helt unike (x, y)-koordinater, figur 8. Hvilke koordinater som hører til hvilke taster, ligger lagret i en minnebrikke av typen ROM, "Read-Only-Memory". I tillegg ligger det en mikroprosessor inne i tastaturet, noe som gjør at tastaturet egentlig er en slags datamaskin i seg selv.



Figur 8; Koordinatsystemet inne i et tastatur.

I mekaniske tastaturer, som er mest utbredt, er det plassert en liten brutt krets under hver eneste tast. Kretsen er brutt akkurat i punktet under tasten, slik at når tasten presses ned, vil en liten leder plassert på undersiden av tasten føre til at kretsen blir sluttet, figur 9. Prosessoren

registrerer at det går en svak strøm gjennom en bestemt krets i koordinatsystemet, og henter dermed informasjon ut fra ROM-minnet om hvilken eller hvilke taster som hører til denne kretsen.

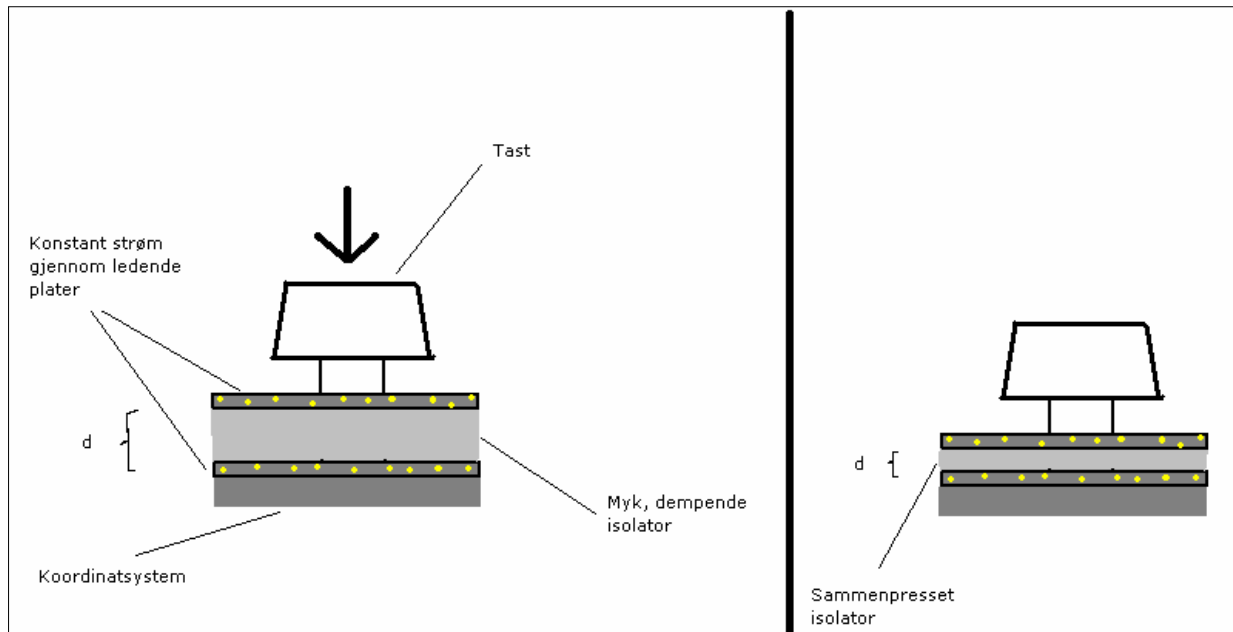


**Figur 9;** Før og etter et tastetrykk i et mekanisk tastatur

Det kapasitans-baserte tastaturet har fått navnet sitt siden hver tast er konstruert som en kondensator. I et kapasitansbasert tastatur går det en konstant strøm gjennom alle delene av koordinatsystemet. På undersiden av selve tastene sitter det fast en plate (leder) som beveger seg ned mot koordinatsystemet når man trykker ned tasten. En tilsvarende plate sitter fast i selve koordinatsystemet, mens en myk, dempende isolator hindrer platene i å komme i fysisk kontakt med hverandre. Hver enkelt tast vil dermed fungere som en kondensator, og kapasitansen vil øke i området under tasten når denne blir presset ned. Dette kan vi se siden kapasitansen  $C$  er omvendt proporsjonal med avstanden  $d$  mellom platene:

$$C = \epsilon_0 A / d,$$

( $\epsilon_0$  er permittiviteten i vakuum og  $A$  er arealet til platene).  $C$  øker altså når  $d$  minker, se figur 10.



**Figur 10;** Før og etter et tastetrykk i et kapasitans-basert tastatur

På samme måte som med mekaniske tastaturer, er det prosessoren som merker at kapasitansen øker ved noen bestemte koordinater, og som sjekker med ROM-minnet hvilke taster disse tilsvarer.

Hvis man for eksempel trykker ned tasten "a", vil prosessoren registrere de tilhørende (x, y)-Koordinatene og "spørre" ROM-minnet om hvilken tast dette tilsvarer, for deretter å sende beskjed til datamaskinen om at det var "a"-tasten som ble trykket ned. Operativsystemet bestemmer dermed hvilken handling som skal utføres, avhengig av hvilket program man kjører. Kjører man et skriveprogram, vil operativsystemet gi beskjed om å skrive bokstaven "a", som dermed kommer opp på skjermen. Hvis man i det samme tilfellet vil skrive den store bokstaven "A", gjør man dette ved å holde nede "SHIFT"-tasten samtidig som man trykker ned "a"-tasten. Kombinasjonen "SHIFT" + "a"-tasten blir dermed sendt til operativsystemet, som bestemmer at dette tilsvarer en "A". Andre alternative kombinasjoner kan være systemkommandoer som "CTRL"+"ALT"+"DELETE", som skruer av maskinen og starter den på nytt.

Hvis man holder flere taster inne samtidig vil det generelt sett alltid være operativsystemet som bestemmer hvilken kommando dette tilsvarer, i forhold til hvilket program man kjører. Unntaket er hvis man holder inne for mange taster; prosessoren i tastaturet gir vanligvis ikke beskjed til operativsystemet om at flere enn 3 taster holdes inne samtidig, men dette antallet varierer fra tastatur til tastatur.

## Fordeler og ulemper

På samme måte som en ball spretter hvis man slipper den i gulvet, vil en tast også "sprette" idet man trykker den ned, selv om man ikke merker det selv. Dette skaper problemer for et mekanisk tastatur, i og med at kretsen under tasten dermed vil sluttes og brytes mer enn én

gang per tastetrykk. Dette fenomenet forekommer i alle innretninger med mekaniske knapper, og er kjent som "bounce", eller byks på norsk. Hadde prosessoren i tastaturet ikke tatt hensyn til dette, ville det kommet opp flere hundre "a"-er, selv om man bare trykket ned tasten én gang. Kretsen i tastaturet inneholder derfor en "logisk enhet", som omformer signalet slik at prosessoren tolker det som ett trykk. I et kapasitansbasert tastatur er det ingen fysisk kontakt mellom platene som leder den elektriske strømmen, så "bounce" er ikke noe man trenger å ta hensyn til.

Mekaniske tastaturer blir lettere utsatt for slitasje enn kapasitans-baserte tastaturer, og har derfor kortere levetid. Til gjengjeld er kapasitans-baserte betydelig mye dyrere.

## **Gummikuppel-tastaturet**

Gummikuppel-tastaturet, "the rubber dome keyboard", er det vanligste mekaniske tastaturet, og har fått navnet sitt på grunn av en føyelig gummikuppel med en hard karbonkjerne som sitter under hver enkelt tast. Når man trykker ned tasten, vil gummien bli presset sammen, og gi en lett motstand mot fingeren. På undersiden av tasten sitter den lille lederen festet til karbonkjernen, og slutter som nevnt kretsen så lenge tasten holdes nede. Idet man slipper opp tasten, vil gummien gå tilbake til sin opprinnelige form, slik at tasten dyttes tilbake til utgangspunktet. Det er med andre ord hardheten i gummien som bestemmer hvor hardt man må trykke på hver enkelt tast. Gummikuppeltastaturet er ikke like utsatt for korrosjon eller støv som andre mekaniske tastaturer, nettopp på grunn av den beskyttende gummikuppelen.

## ***Datamusen [50-52]***

---

### **Datamusens historie**

I 1968 ble den første datamusen utviklet av Douglas Engelbart. Den skulle brukes på Stanford Research Institute i California, og kunne bare bevege seg i x- eller y-retning, altså ikke diagonalt. Treklossen med hjul fikk offisielt navnet "XY Position Indicator For A Display System", men dette ble raskt erstattet av det noe enklere kallenavnet "mus", på grunn av den halelignende ledningen som stakk ut fra enden. Før datamusen ble utviklet, brukte man piltastene på tastaturet til å navigere med, noe som var både upraktisk og tidkrevende. Likevel var folk lite interesserte i musen, siden de aller fleste dataprogrammene baserte seg utelukkende på tekst.

I 1970 ble datamusen sterkt forbedret, da Bill English erstattet de to retningshjulene med en ball som kunne bevege seg i alle retninger. Denne modellen holdt seg relativt uforandret i nesten 25 år, og ble en stor suksess.

Gjennombruddet kom likevel ikke før i 1984, da Apple lanserte datamaskinen "Macintosh", som hadde et av de første operativsystemene basert på "pek og klikk"-metoden. Noe senere, da

Microsoft ga ut Windows 3.1, et tilsvarende operativsystem til PC, var suksessen et faktum. Datamusen som ble brukt på Apples "Macintosh", hadde bare én knapp, noe som har vært maskinens kjennetegn helt frem til i dag. Microsoft baserte derimot operativsystemet sitt på at PC-musen skulle ha to knapper. I motsetning til Apples datamus, har PC-musen gjennomgått store forandringer når det gjelder antall knapper. Selv om de fleste PC-musene hadde tre knapper, ble det på slutten av 1990-tallet produsert mus med opptil fem knapper, noe som blant annet var praktisk til dataspill.

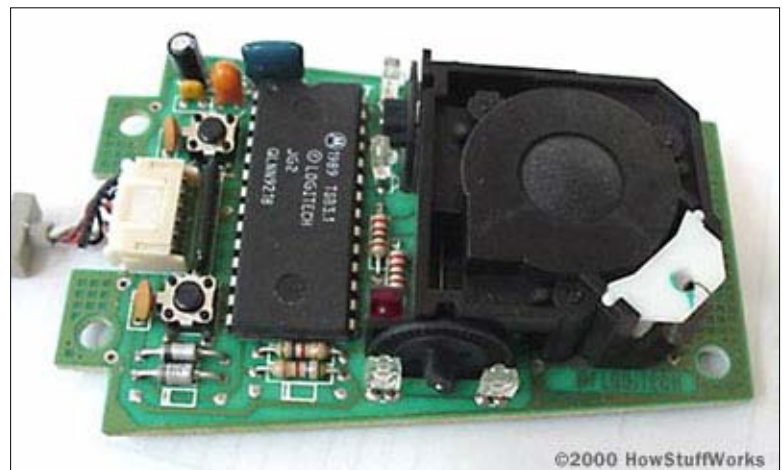
På slutten av 2000-tallet ble det såkalte "rullehjulet" oppfunnet. Dette ble plassert sammen med den midterste knappen, og hensikten var å kunne rulle på det uten å bevege mer enn en finger. Dermed kunne man bla gjennom dokumenter og sider på internett, uten å måtte bevege på hele armen.

Det hadde lenge vært en annen type datamus på markedet, som benyttet seg av optikk istedenfor mekanikk når det gjaldt manøvreringen. Denne måtte imidlertid brukes oppå en spesiell gittermønstrer musematte, og måtte holdes på en spesiell måte for å fungere. Den optiske musen ble derfor ingen stor suksess, før en kraftig oppgradert versjon kom i 1999. Siden den ikke trengte noen spesiell matte og var tilnærmet vedlikeholdsfri, overtok den raskt markedet og er i dag den desidert mest solgte datamusen. En datamus basert på laserteknologi er også å få tak i, men på grunn av den høye prisen er den ikke like konkurransedyktig.

## Datamusens oppbygning

Den såkalte "optisk-mekaniske" musen bruker i likhet med den mekaniske en ball for å angi hvor den beveger seg, men har optiske sensorer som registrerer bevegelsen. Den mekaniske musen baserer seg utelukkende på mekanikk og er i dag lite brukt.

Når man beveger en optisk-mekanisk mus over en bordflate, vil ballen rulle langsmed flaten, figur 11, og samtidig bevege på to små hjul inne i musen. Disse hjulene er plassert slik at den ene registrerer bevegelse i x-retning og den andre i y-retning. To skiver med 36 hull jevnt fordelt rundt ytterkanten, er festet til hjulenes akslinger og beveger seg dermed i samsvar med hjulene. Begge skivene har to par optiske sensorer, som består av en infrarød LED, "Light Emitting Diode", og en infrarød sensor. Det er altså totalt fire LED'er og fire sensorer, figur 12. En LED er kort fortalt en liten lyspære som ved å bruke den samme teknologien som en transistor, varer mye lenger enn en vanlig lyspære. Siden LED'en og sensoren er plassert på hver sin side av skiven med 36 hull i, vil sensoren registrere om skiven beveger på seg og eventuelt hvor fort.



**Figur 11;** Her ser man tydelig ballen inne i en optisk-mekanisk mus.

I likhet med tastaturet har datamusen sin egen innebygde mikroprosessor. Denne mottar signaler fra de fire sensorene og kan ut i fra dette fastslå nøyaktig hvor fort og i hvilken retning

musen beveger seg. Deretter blir denne informasjonen og informasjon om eventuelle museklikk sendt videre til datamaskinen, som sørger for at musen beveger seg over skjermen.

Den forbedrede optiske musen fra 1999, benytter seg også av LED-teknologien, men på en litt annen måte enn den optisk-mekaniske. På undersiden av musen sender en LED ut et rødt lys, som reflekteres av bordflaten. Et lite kamera tar 1500 bilder av bordflaten per sekund ved å absorbere det reflekterte LED-lyset. En spesiell type mikroprosessor klarer å kjenne igjen forandringer i mønsteret på bordflaten, slik at den registrerer hastighet og retning på musebevegelsen. Som i den optisk-mekaniske musen blir deretter signalet om bevegelse og eventuelle museklikk sendt videre til datamaskinen.



**Figur 12;** På dette bildet ser man tydelig det ene paret av en hvit LED og en rød sensor på hver side av den hullete skiven.

Den største fordelen med den optiske musen, er at den kan brukes uansett type underlag, fordi den ikke er avhengig av friksjon fra underlaget, slik som den optisk-mekaniske. Samtidig har den lenger levetid og blir heller ikke hemmet av støv, siden den ikke inneholder noen bevegelige deler. Den er riktignok noe dyrere, og enkelte spillentusiaster hevder at den ikke er like følsom som en mekanisk mus.

## ***Behandling av data [59-77]***

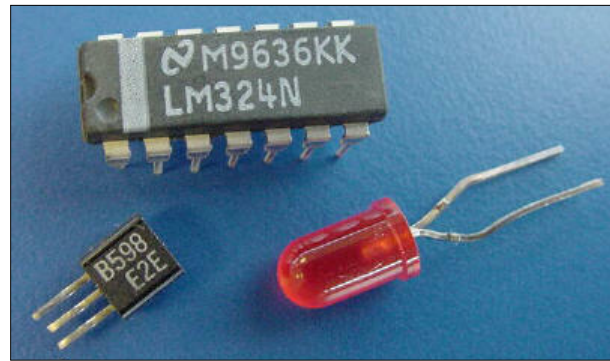
---

For at en datamaskin skal kunne kalles en datamaskin må den utføre en jobb, regne på noe, eller ”tenke” som noen liker å si. Til dette bruker maskinen en eller flere prosessorer, CPU, også kjent som en ”Central Processing Unit” på engelsk. En prosessor er i dag en integrert krets med mange hundre millioner transistorer, kapasitanser og andre typer kretskomponenter. Så å si alle komponentene i en datamaskin, alt fra skjermkort til RAM-minnet, er bygd opp av transistorer.



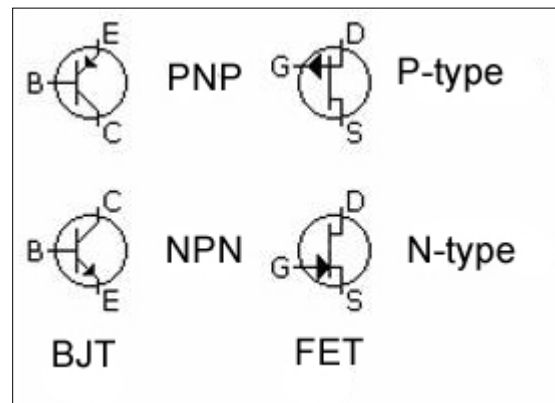
## Transistorer

Transistor er satt sammen av to ord; "transfer" og "resistor". Siden patenteringen av transistoren i 1947 har utviklingen vært enorm. I dag regnes den som en av de største oppfinnelsene i moderne historie, sammen med trykkekunsten, bilen og telefonen. Grunnen til det er at den finnes i nær sagt all elektronikk vi omgir oss med, noe som igjen skyldes at den kan masseproduseres til forsvinnende liten pris per transistor. I dag lages det knapt enkelttransistorer, de er i stedet integrert i små kretser sammen med dioder, motstander og kondensatorer. Kostnadene knyttet til utviklingen av en slik integrert brikke, eller "Chip" på engelsk, kan være ganske høye, men fordi de deretter gjerne produseres i milliontall blir kostnadene fortsatt veldig lave. Mens de enkleste integrerte kretsene inneholder rundt 20 transistorer, kan en avansert prosessor i dag inneholde mellom ca 300 millioner og 1,7 milliarder transistorer!



**Figur 13;** Fra toppen og med klokken: en enkel integrert krets, en LED eller "Light Emitting Diode" og en enkelt transistor.

Det finnes to hovedkategorier av transistorer: "Bipolar Junction Transistor", BJT, og "Field Effect Transistor", FET. Felles for begge er at de har 3 koblinger, hvor spenningen på den ene inngangen, "base", styrer strømmen mellom de to andre, "emitter" og "collector", se figur 14. Transistorer kan brukes til å forsterke radiosignaler og lyden i et musikkanlegg, men i datamaskiner brukes de stort sett som elektriske brytere i digitale kretser. Faktisk er det på grunn av transistorenes, og dermed digitale datamaskiners, lave pris at vi ser en tydelig trend i å digitalisere informasjon, som f. eks for TV. Transistorer kan kategoriseres på mange forskjellige typer transistor, (BJT eller FET), polariteten, maksimum strømstyrke og/eller frekvens. Vi vil ikke gå inn på alle de forskjellige kombinasjonene og egenskapene her, men kun ta for oss de vanligste.



**Figur 14;** En skjematisk oversikt over hovedkategorien av transistorer, BJT og FET. Bokstavene B, E og C står for "Base", "Emitter" og "Collector"

## Halvleder

En transistor består i hovedsak av tre lag med halvledere. En halvleder er et materiale som leder strøm "halventusiastisk", det vil si at den befinner seg et sted midt i mellom en leder og en isolator. De første transistorene ble laget av germanium, (Ge), men i dag brukes mest silisium, (Si) eller "silicon" på engelsk. Silisium finnes ikke fritt i naturen, men det er likevel det nest mest vanlige grunnstoffet i jordskorpa. Hele 27,72 % av jordskorpa består av dette stoffet. Silisium finnes naturlig i kjemiske forbindelser med mange andre grunnstoffer, og opptrer blant annet som stoffet silisiumoksid, som vi kjenner som sand, kvarts og bergkrystall. Sammen med germanium og karbon, har silisium en unik egenskap i elektronstrukturen; det har fire

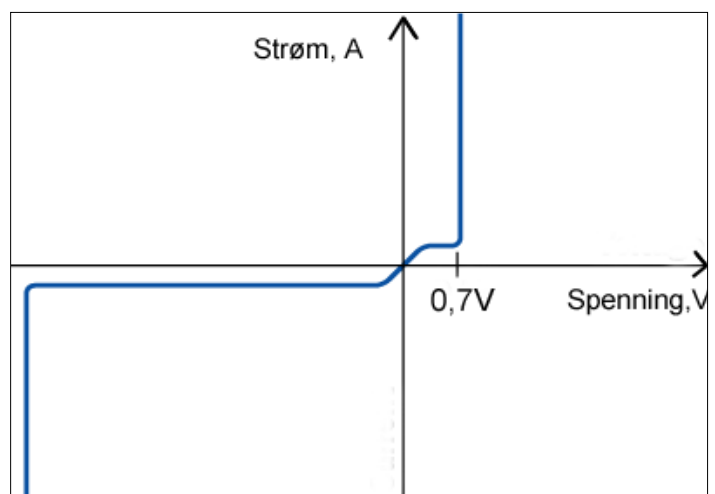
elektroner i det ytre elektronskallet og kan derfor forme fine krystaller. Silisium i denne formen har bare perfekte kovalente bånd og fungerer nesten som en isolator.

Ved å dope silisiumet kan man derimot gjøre den ledende. Med doping menes, som i sportsverden, å tilsette litt av et annet stoff. Dersom man tilsetter fosfor, (P), eller arsen, (As), får man n-type doping med overskudd av elektroner og dermed negativ ladning. De frie elektronene gjør at silisiumet nå kan lede strøm. Positiv, p-type, doping får man ved å tilsette bor, (B), eller gallium, (Ga). Det fører til et overskudd av hull, det vil si underskudd av elektroner, og igjen har isolatoren blitt til en elektrisk leder. Det er viktig å presisere at silisium ikke blir en god leder av doping, derfor kalles det halvleder.

## Dioder

Dersom en n-type halvleder og p-type halvleder settes sammen får man en diode. Alle de frie elektronene i n-delen vil da legge seg

inntil p-delen, og omvendt for hullene i p-delen. Dette fører til et ganske interessant fenomen; nå kan nemlig dioden bare føre strøm den ene veien. Dersom man prøver å føre strøm fra n-typen til p-typen, vil kun en veldig liten strøm passere, men dersom spenningen snus slik at strømmen går fra p-typen til n-typen fungerer dioden som en leder. Det skyldes at hullene da blir trukket mot den andre, negative siden av p-delen og elektronene mot den positive på motsatt side. Det trengs riktig nok en liten spenning for å løsrive hullene og elektronene fra hverandre, for silisium er denne på ca. 0,7 V. Dersom man setter en stor nok spenning "feil vei" over dioden vil den vil den naturligvis kollapse og lede strøm. Dette kan sees i figur 15.



**Figur 15;** En skjematisk beskrivelse av egenskapene til en diode, strøm som funksjon av spenningen.

## "Bipolar junction transistor", BJT

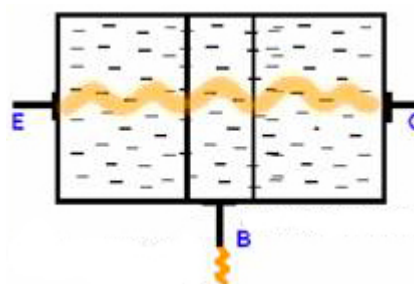
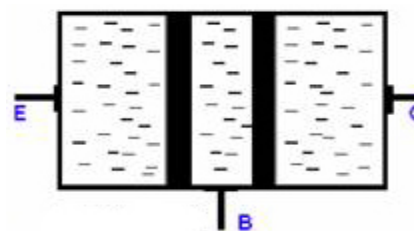
En transistor består av tre lag med halvledermateriale istedenfor to. Det kan da enten være npn eller pnp, som uansett blir to dioder som står "rygg mot rygg". Da vil strømmen blokkeres begge veier, men ved å tilføre en liten strøm til den midterste komponenten kan en større strøm gå igjennom hele transistoren. Forholdet mellom disse er vanligvis rundt 100. Man sier ofte at transistorer er strømstyrt, men i realiteten styres de av spenningen mellom "basen" og "emitteren". "Emitterstrømmen" er gitt ved Ebers-Moll formel som:

$$I_e = I_{es} \left( e^{\frac{V_{be}}{V_T}} - 1 \right)$$

, hvor  $I_e$  er emitter strømmen,  $I_{es}$  er den inverse av maksimalstrømmen for "base-emitter" dioden,  $V_T$  er spenningen gitt av temperaturen og  $V_{be}$  er base-emitter spenningen. Det finnes også transistorer som styres av lys og disse kalles fototransistorer. Faktisk vil også vanlige transistorer kunne påvirkes av lys.

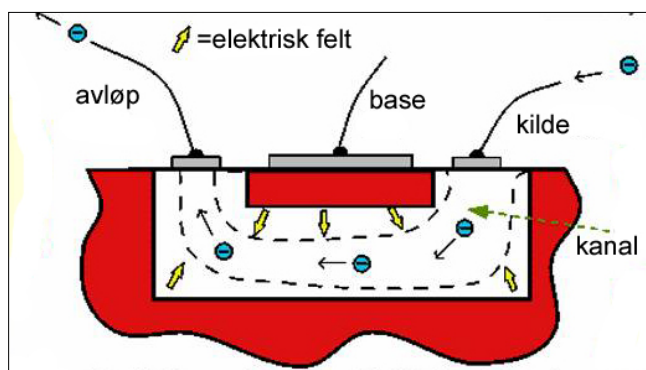
## "Field-effect transistor", FET

På slutten av 1960-tallet gikk produsentene av transistorer over fra BJT til FET og i dag består de fleste integrerte kretser og chips av FET. Navnet kommer av at det svake elektriske signalet er koblet til en elektrode som skaper et elektrisk felt i resten av transistoren. FET blir også kalt unipolare fordi de bare bruker enten hull eller elektroner som ladningsbærere. Når det svake elektriske signalet snur fra positivt til negativt snues også feltet i transistoren og er det ikke noe signal er det heller ikke noe elektrisk felt, figur 17.



**Figur 16;** En skisse på hvordan strøm kan opprettes mellom E og C ved å forandre B!

Den mest brukte typen FET i dagens PC-er er metalloksid FET, MOSFET. Den ser ut som en litt flattrykket U, der selve U-en er en n-type halvleder. Området rundt kalles base og er av en p-type halvleder. Hvilken type halvleder som er hvor er egentlig ikke så viktig, forskjellen er at det vil være hull som er ladningsbærere istedenfor elektroner. Den enden av U-en hvor elektronene kommer inn, kalles kilden og den andre avløpet. Strømmen går altså gjennom U-en, men på grunn av halvlederens egenskaper vil en del av elektronene være "bundet" opp mot kanten. Strømmen går derfor bare gjennom en kanal i sentrum av U-en. Dersom det nå påtvinges en spenning på basen forandres dette. Dersom det tilføres elektroner vil elektronene i U-en bevege seg lenger unna basen å minske arealet der strømmen kan passere helt til den er helt blokkert. Dersom basen tilføres en positiv ladning vil arealet derimot bli større. En slik transistor er derfor veldig godt egnet som analog forsterker, så vel som digital bryter.



**Figur 17;** En skjematisk oversikt over en FET

Formelen for avløps-strømmen er gitt ved:

$$I_d = I_{dss} \left( 1 - e^{-\frac{V_{gs}}{V_p}} \right)^2$$

der  $I_d$  er avløps-strømmen,  $I_{dss}$  er avløps-strømmen ved null spenning over basen,  $V_{gs}$  er spenningen over basen og  $V_p$  er spenningen som skal til for å blokkere strømmen.

## Mikroprosessor

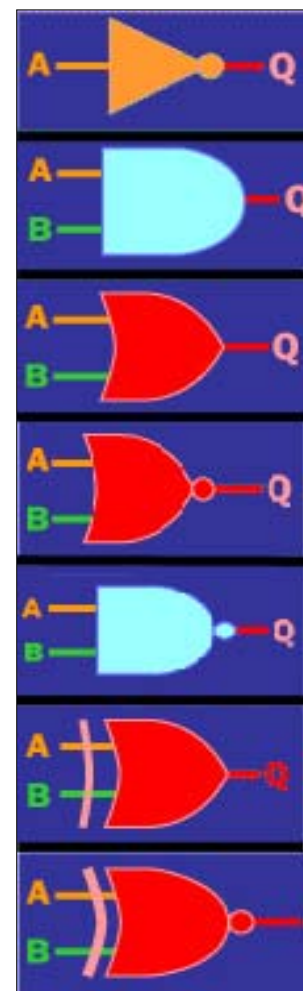
Uansett hva slags PC du måtte bruke har den en prosessor som er selve hjernen i maskinen. Siden 70-tallet har denne vært integrert i én chip og kalt mikroprosessor eller ground processing unit (CPU). Med en chip menes en liten, tynn brikke av silikon med en integrert krets av motstander, kondensatorer og ikke minst transistorer. En CPU kan være to-tre centimeter lang og kan inneholde flere titals millioner transistorer, eller noen tusen transistorer på noen få kvadratmillimeter.

For å gjøre noe veldig komplisert enkelt kan man si at en CPU er instruert til å gjøre tre ting:

- Utføre matematiske operasjoner som addisjon, subtraksjon, multiplikasjon og divisjon ved å bruke sin Arithmetic/Logic Unit, ALU.
- Flytte data fra en lagringsenhet til en annen.
- Ta en avgjørelse for deretter å hoppe til en ny oppgave basert på den avgjørelsen.

En mikroprosessor kan gjøre langt mer kompliserte ting enn dette, men dette er de mest grunnleggende oppgavene.

Ved hjelp av transistorene og boolsk logikk utfører CPU'en tre, fem eller syv enkle operasjoner som igjen kan settes sammen til mer avanserte operasjoner. Om det er tre, fem eller syv operasjoner som ligger til grunn avhenger av hvordan man ser det, de fire siste bygger nemlig på de tre første. Disse består av et par transistorer som danner en såkalt port og denne porten kan forandre signalet avhengig av hvordan transistorene er koblet. Det digitale signalet kan forandres i en av følgende tre type porter:



**Figur 18;** En skjematisk oversikt over porter.

- ”IKKE”: En ”ikke-port” er en som inverterer signalet slik at utgangssignalet er det motsatte av inngangssignalet. 0 blir til 1, og 1 blir til 0.
- ”OG”: En ”og-port” følger logisk av ordet og; dersom både A og B er 1 vil også Q være 1.
- ”ELLER”: En ”eller-port” gir 1 dersom A eller B (eller begge to) er 1.

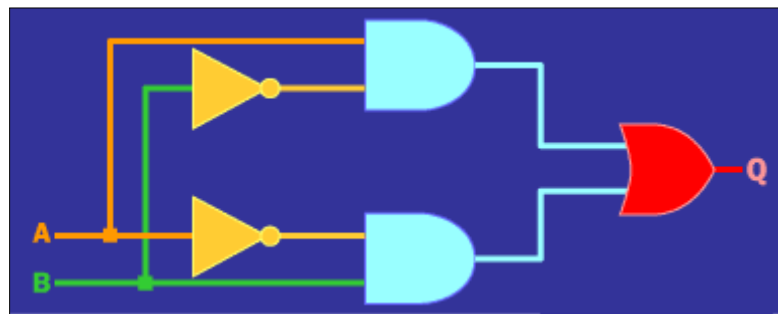
Det er de tre grunnleggende portene, men det er vanlig å ta med to til, nemlig:

- ”HVERKEN”: Denne porten er en kombinasjon av ”ELLER” og ”IKKE”, og gir kun 1 dersom hverken A eller B er 1.
- ”IKKE BEGGE”: Denne er en kombinasjon av ”OG” og ”IKKE”, og gir 1 unntatt når A og B er 1.

I tillegg til dette tar noen også med:

- ”ENTEN”: En ”enten-port” er en som gir 1 kun når enten A eller B er 1, ikke begge.
- ”LIKE”: Denne porten gir 1 kun når A og B er like.

Grunnen til at disse ofte ikke taes med er at de lett kan settes sammen av de tre første fra figur 18, som vist på figur 19. Disse portene er faste fra produksjonen av, hvilke porter som skal brukes og i hvilke rekkefølge bestemmes av CPU'en. På den måten kan den ved til dels kompliserte kombinasjoner regne og ”tenke”. Men addisjon krever for eksempel bare en ”enten-port”.



Figur 19; Her har man satt sammen de tre første portene fra figur 9.

Tabell 2 viser en del spesifikasjoner for mikroprosessorer, samt utviklingen av Intels mikroprosessorer gjennom tidene.

- Datoen forteller hvilket år prosessoren ble lansert.
- Transistors viser antallet transistorer i brikken.
- ”Microns” er bredden på den minste lederen i brikken, målt i mikrometer. Til sammenligning er et hårstrå ca 100 mikrometer tykt.
- ”Clock speed” er maksimum klokke hastighet, som vil si den maksimale hastigheten på prosessorens ”puls”.
- ”Data width” er databredden, eller hvor mange ”bit” ALU'en kan håndtere samtidig. En ekstern data buss kan som vist hente data med en annen bredde enn den prosessorens ALU opererer med.
- MIPS står for millioner av instruksjoner per sekund og er et tilnærmet tall for hvor godt en prosessor fungerer.

Name	Date	Transistors	Microns	Clock speed	Data width	MIPS
8080	1974	6,000	6	2 MHz	8 bits	0.64
8088	1979	29,000	3	5 MHz	16 bits 8-bit bus	0.33
80286	1982	134,000	1.5	6 MHz	16 bits	1
80386	1985	275,000	1.5	16 MHz	32 bits	5
80486	1989	1,200,000	1	25 MHz	32 bits	20
Pentium	1993	3,100,000	0.8	60 MHz	32 bits 64-bit bus	100
Pentium II	1997	7,500,000	0.35	233 MHz	32 bits 64-bit bus	~300
Pentium III	1999	9,500,000	0.25	450 MHz	32 bits 64-bit bus	~510
Pentium 4	2000	42,000,000	0.18	1.5 GHz	32 bits 64-bit bus	~1,700
Pentium 4 "Prescott"	2004	125,000,000	0.09	3.6 GHz	32 bits 64-bit bus	~7,000

**Tabell 2;** Denne tabellen viser oss den generelle utviklingen av prosessorer over ca 30 år.

Som tidligere nevnt er det en enorm oppgave å designe en chip. Det er veldig viktig at transistorene og portene settes sammen på den riktige måten for å få mikroprosessorer til å yte maksimalt. På fagspråket kaller man dette prosessorarkitektur. Jo flinkere arkitekten er, jo bedre yter prosessorer i forhold til de gitte spesifikasjonene som størrelse, antall transistorer osv. Ironisk nok er det mikroprosessorer i form av andre datamaskiner som gjør mesteparten av jobben med å regne ut hva som er den mest hensiktsmessige arkitekturen for nye mikroprosessorer.



**Figur 20;** En moderne Intel Pentium 4 prosessor, en integrert krets.

## Primærlagring [80-87]

---

En datamaskin kan sammenlignes med menneskenes hjerne på mange områder, og et av disse områdene er minnet; en datamaskin må kunne "huske" ting, ellers ville vi aldri ha kunnet skrive dokumenter, eller kjørt flere programmer samtidig. På samme måte som vi mennesker har korttidshukommelse og langtidshukommelse, har en datamaskin minnetyper som kan lagre data i korte eller lengre tidsintervaller. En harddisk er et eksempel på "langtidshukommelsen" og er laget slik at vi kan lagre dokumenter, musikk eller andre datafiler i mange år uten at det blir borte. CD-plater, DVD-plater og disketter er også laget med det samme formålet. Som "korttidshukommelse" bruker datamaskinen forskjellige typer RAM, hurtigbufferer og ROM, og disse minnetypene er viktigere enn, for eksempel, en harddisk for at datamaskinen, som vi kjenner den til daglig, skal fungere skikkelig.

### RAM

RAM står for "Random Access Memory" og er det minnet der alt av programmer som man kjører ligger i. Det finnes mange typer RAM-minne, men den viktigste i datamaskiner i dag er DRAM, Dynamic Random Access Memory. Denne minnetypen er ikke integrert på hovedkortet, og må kjøpes separat hvis man bygger en datamaskin selv. Denne minnemodulen kan se ut som den på figur 21. En slik minnemodul er bygd opp av flere mindre minnebrikker. Det er de svarte rektangulære formene på bildet. Før disse minnemodulene ble vanlig, festet man selve minnebrikkene på hovedkortet. Men etter hvert fikk man plassproblemer fordi minnemengdene ble så store. Derfor ble minnemodulene oppfunnet. Nederst på figur 21 kan man se gullfargede "pins", kontaktene som man fester til hovedkortet og som kommuniserer med resten av datamaskinen.

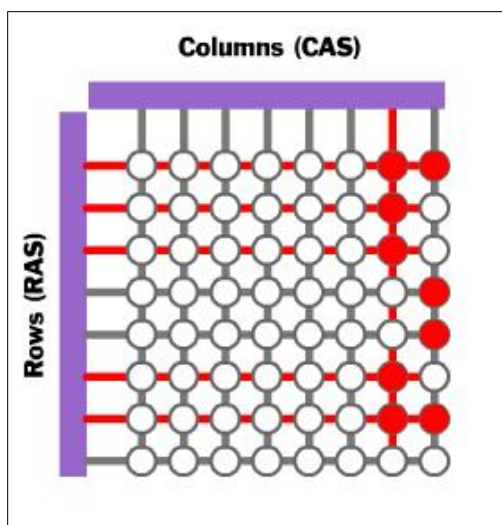


**Figur 21** : her er et bilde av en vanlig DRAM-modul som de fleste datamaskiner i dag bruker.

"Random" refererer til et prinsipp i minneteknologien som gjør at prosessoren kan hente/skrive data fra et hvilket som helst sted i minnet. Dette er i motsetning til SAM, "Serial Access Memory", der data bare kan hentes/skrives i en bestemt rekkefølge. Fordelene med RAM'en er derfor klar; hvis ikke prosessoren kunne lese/skrive i hvilken som helst rekkefølge ville det ta mye lengre tid, og datamaskinen ville oppføre seg mye tregere. Hvis man ikke hadde RAM/SAM i det hele tatt, men brukte harddisken som primærminne, ville datamaskinen ha blitt enda tregere. Hvis man skriver et dokument i "word" og hører på musikk samtidig gjennom et musikkprogram, vil faktisk begge disse ligge i RAM'en til man stenger programmene. Da vil prosessoren skjønne at man har stengt de, og vil fjerne de fra minnet slik at man har ledig minne til andre programmer. Operativsystemet som man kjører, for eksempel Microsoft Windows, vil alltid ligge i dette minnet, siden det i realiteten er et ganske avansert program som man alltid bruker når datamaskinen er slått på. Med en gang man slår av datamaskinen, vil også all digital informasjon som ligger i RAM'en forsvinne. Neste gang man slår på datamaskinen vil prosessoren "hente" operativsystemet fra harddisken og legge det i primærminnet/RAM'en.

RAM'en er, på samme måte som en prosessor, en integrert krets som består av millioner eller milliarder av transistorer og kapasitanser som opererer i par. Hvert av disse parene vil fungere som en minnecelle, altså at den kan holde en "bit" av data, enten en 1'er eller en 0'er. Resistoren fungerer som en bryter, mens kapasitansen er den som holder en "bit". Hvis for eksempel kapasitansen er full av elektroner, så vil dette representere en 1'er, men hvis den er tom vil den representere en 0'er. I virkeligheten er det ikke så svart/hvitt; kapasitansen kan holde en 1'er så lenge den er mellom 50-100 % full av elektroner. Problemet med disse kapasitansene er at de mister elektronene meget fort, en full kapasitans mister nesten alle elektronene på noen få millisekunder. Det er på grunn av dette at all informasjon fra primærminnet vil forsvinne når man slår av datamaskinen! Derfor må RAM'en oppdateres flere tusen ganger i sekundet for å holde på de samme data over lengre tid mens datamaskinen er slått på og det her herfra ordet "Dynamic" kommer inn. Dynamisk minne er rett og slett minne som må oppdateres jevnlig for at datamengder ikke skal bli borte.

Hvordan kan prosessoren vite hvor den skal hente datamengder fra primærminnet? Minnecellene som ble beskrevet ovenfor blir nemlig ordnet i rader og kolonner. Når en kolonne og en rad skjærer hverandre får man en minneadresse. For eksempel hvis en minnecelle ligger på rad 2 og kolonne 3, vil denne minnecellen ha en spesifikk adresse. Det er denne adressen prosessoren går etter når den vil vite hva slags "bit" minnecellen holder. Kolonnene kalles for CAS, Column Access Strobe, og radene for RAS, Row Access Strobe. Se figur 22. Hvis man vil gi to minneceller, en i CAS 2/RAS 1 og en i CAS 2/RAS 4, sender man strøm gjennom CAS 2 først, så sender man strøm i RAS 1 og RAS 4 samtidig. Da vil bare disse to minnecellene få ladning verdien 1, altså "på". Det er transistorene i hver minnecelle som blir aktivert når strøm blir sendt gjennom en kolonne, så blir strøm sendt gjennom de radene som er ønskelig, og kapasitansene i de minnecellene som skal ha verdi 1 eller "på" blir ladet opp. Minnecellene opererer ikke alene, de trenger "hjelp" fra mange forskjellige kretser som har spesifikke oppgaver. En krets har ansvaret med å lade opp hver minnecelle som trenger det mange tusen ganger i sekundet, mens en annen krets har som oppgave å fortelle prosessoren hvilken minnecelle som har en 1'er og hvilken som har en 0'er.



Figur 22; Her en skjematisk oversikt over hvordan minnecellene er ordnet i rader og kolonner. Rødt er 1 eller "på", og hvitt er 0 eller "av"

Når en prosessor vil ha data fra minnemodulen, må den sende et signal til minnekontrolleren, som er en av disse kretsene med spesifikke oppgaver. Så må minnekontrolleren sjekke om det er klart for lesing av data på minnebrikkene før den sender et signal tilbake til prosessoren om at det er klart og at den nå kan begynne å lese av datamengdene. Denne prosessen defineres ofte som farten på en minnemodul og måles i frekvens eller aksessetid. Denne tiden er på moderne minnemoduler ofte lavere enn 50 nanosekunder. En vanlig minnemodul per 2005 har ca 512 Megabytes med plass. Siden det er 8 bits i en byte:

$$512 * 10^6 * 8 = 4\,096\,000\,000$$

Altså 512 Megabytes er ca 4,1 milliarder bits, og siden det er en transistor og en kapasitans som representerer en bit, så får vi ca 4,1 milliarder transistorer og kapasitanser på



minnemodulen! Når vi tenker på størrelsen på en minnemodul så er dette ikke så rart; en moderne prosessor i dag vil ha ca 200-700 millioner transistorer på den integrerte kretsen, og en minnemodul er ca 6-7 ganger større i areal enn en prosessor.

Noen ganger kan det skje feil; en minnecelle kan bli påvirket av en magnetisk eller elektrisk kraft, og på grunn av dette kan den skifte verdier, fra 1 til 0 eller omvendt. For å forhindre at prosessoren tar i mot feil data fra minnet, har man opprettet feilsjekkingsrutiner i dagens DRAM brikker. Som man kan se på figur 22, er minnecellene ordnet i 8 stykk per rad/kolonne. Ved å legge til en ekstra rad er det mulig å sjekke om hver kolonne har riktige verdier. Når prosessoren skriver data til minnet, summerer den opp alle de første 8 minnecellene i hver kolonne. Hvis denne summen blir et oddetall vil den siste minnecellen i den respektive kolonnen få verdien 1, og motsatt hvis summen blir et partall. Når prosessoren skal lese fra minnet på et senere tidspunkt leser den av den siste minnecellen først, for å sjekke om summen av de første 8 ble et oddetall eller partall. Så summerer den opp de første 8 minnecellene på nytt igjen, og hvis denne summen ikke stemmer med den siste minnecellen kvitter prosessoren seg bare med de ukorrekte kolonnene, for så å prøve å skrive disse på nytt. Slike minnefeil er egentlig sjelden i dagens minnebrikker, men systemer som virkelig trenger et stabilt minne har spesialbygde feilsjekkingsrutiner.

Det finns mange typer DRAM-brikker; FPM DRAM, EDO DRAM, SDRAM, DDR SDRAM og RDRAM er noen. De fleste datamaskiner i dag bruker SDRAM eller DDR SDRAM. Dette er bare varianter av den første DRAM-brikken, og forskjellene er relativt små; noen varianter opererer på høyere fart, er synkronisert med andre komponenter i datamaskinen eller er laget for å brukes som videominne på for eksempel skjermkort.

## Hurtigbufferne

Hurtigbufferne er mest kjent som "cache" på engelsk. Man finner disse i mange komponenter i en datamaskin, men de viktigste er nok hurtigbufferne i prosessoren og i harddisken. Formålet er å gjøre datamaskinen enda raskere i å "huske" enn det den hadde vært uten hurtigbufferne. Det er ganske billig å gjennomføre og lage, og denne teknologien har derfor blitt meget viktig i en datamaskin i dag.

Prinsippet går ut på at man beholder datamengder som man bruker ofte i små minnebrikker integrert på prosessorbrikken eller på harddiskens kretskort. Det viser seg nemlig statistisk sett at datamaskinen, eller programmene datamaskinen, bruker en spesifikk type data oftere enn andre typer data. Dette er ofte små algoritmer eller deler av programmer som ligger i operativsystemet, siden disse brukes jevnlig uten at brukeren av datamaskinen vet det. Dette kan være programmer som har ansvaret for at internettforbindelsen er stabil eller kanskje rett og slett et skriveprogram. Man kan teste ut prinsippet av hurtigbufferne i en datamaskin hvor som helst; hvis man bruker en diskett som inneholder en "word"-fil, og åpner denne filen for første gang siden man startet datamaskinen, vil det ta ganske lang tid. Men hvis man lukker denne filen etter at den har blitt åpnet og så åpner den samme filen på nytt igjen, vil det ta mye kortere tid. Datamaskinen har da brukt en hurtigbuffer på denne filen fordi den trodde at den kanskje ble åpnet på nytt igjen. Hurtigbufferen i dette eksempelet var RAM'en som ble beskrevet tidligere. Prosessoren har integrert veldig små mengder av veldig dyrt minne. En måte å klassifisere primærminnet på er etter "pris per byte". Hvis prisen er høy, er minnet sannsynligvis meget raskt, og motsatt hvis prisen er lav. Man kan i prinsippet utstyre en datamaskin med store mengder av det dyreste minnet, men dette blir for dyrt for forbrukerne.

Derfor bruker man det dyreste minnet i meget små mengder i form av hurtigbufferne, og det dyreste finner man integrert på prosessoren. Disse hurtigbufferne er laget slik at prosessoren kan kjøre/regne gjennom en kode, som inneholder en datamengde som gjentar seg ofte, meget raskt.

## ROM

ROM står for "Read-Only Memory", prosessoren kan altså bare lese av en ROM-brikke og ikke skrive noe på den, slik som den kan med RAM-minnet. ROM-brikker har derfor ganske lite med lagringsplass og inneholder som oftest informasjon om en komponent som prosessoren trenger å vite for at den skal fungere på riktig måte. Komponenter som har en ROM-brikke integrert kan være tastatur, mus, hovedkort, skjermkort og lydkort, figur 23.



**Figur 23;** Her er en ROM-brikke som finnes i alle datamaskiner i dag på hovedkortet. Den har navnet "BIOS"

ROM-brikken er laget på samme måte som en RAM-brikke når en tenker på rader og kolonner, og at det er en enkelt minnecelle per "bit". Prosessoren kan også lese av data på samme måte som i RAM, men ROM-brikken bruker ikke en transistor og en kapasitans per minnecelle, men i stedet en diode. I tillegg vil ikke en ROM-brikke miste noe av sin informasjon når strømmen i en datamaskin slås av. Hvis man ser på figur 22, så kan man se radene, kolonnene og minnecellene som lå akkurat der radene og kolonnene krysset hverandre. Hvis en minnecelle i en ROM-brikke skal holde en "bit" med verdi 1, har man rett og slett plassert en diode der. Hvis man vil vite hva slags verdi en minnecelle i rad 1/kolonne 2 har, setter man bare rad 1 til "jord" og sender en strøm gjennom kolonne 2. Hvis det befinner seg en diode i denne minnecellen vil strømmen sendes til "jord" og minnecellen vil bli oppfattet som en 1'er. Hvis det ikke befinner seg en diode i denne minnecellen, vil ikke kolonnen og raden være koblet sammen, og strømmen vil dermed ikke gå gjennom til "jord".

ROM-brikker er altså designet til å holde en viss datamengde som bestemmes av selve maskinvaren. Å lage en ROM-brikke er derfor ganske tidkrevende, hver enkelt diode må plasseres helt nøyaktig i den minnecellen som skal ha verdien 1, og ikke i noen av minnecellene som skal ha verdi 0. Produksjonen av slike brikker består derfor ofte av en "prøv og feil" periode der mange brikker og oppsett kastes til fordel for en som fungerer bedre, men når designet av brikken er i boks tar det veldig kort tid å lage mange slike brikker. ROM-brikker er meget billig i produksjon, og det er nok derfor man finner forskjellige varianter av den i alt som trenger en bestemt datamengde som skal brukes om igjen mange ganger. I leker for barn kan man finne slike ROM-brikker som inneholder musikk/lyd eller kontrollkoder for en bevegelse.

## ***Sekundær lagring [90-96]***

---

Sekundær lagring er et uttrykk som brukes for alle typer å lagre data på som er vesentlig tregere enn for eksempel RAM, eller de primære lagringsenhetene. Sekundære lagringsenheter omfatter blant annet cd, dvd, datatape, diskett og harddisker. Disse kan igjen klassifiseres i 2 grupper; magnetisk lagring og optisk lagring.

### **Magnetisk lagring**

Magnetisk lagring noe av det viktigste som finnes når en tenker på hvordan vi har lagret data de siste 100 årene og revolusjonen innen digital informasjon som vi opplever i dag. Uten magnetisk lagring hadde kanskje aldri informasjonsalderen slik vi kjenner den funnet sted.

Mange forskjellige komponenter bruker prinsippene i magnetisk lagring; harddisker, forskjellige disketter, videotape, lyd-kassetter og gamle datataper. Sammenhengen mellom disse er at de bruker en eller annen slags manipulator som forandrer det magnetiske substratet som ligger på en plastisk film eller en plate/skive. Dette kan være digital informasjon eller lyd/video. Den samme manipulatorene er også en sensor, og kan måle endringene som den selv har laget på det magnetiske substratet. Dette gjøres så om til lyd/video eller en annen form for data.

Det magnetiske substratet er et ferromagnetisk materiale, ofte jernoksid. Hvis man utsetter dette materialet for et magnetisk felt vil det være magnetisert i lang tid hvis det ikke utsettes for et nytt magnetisk felt. Derfor mister ikke disketter, harddisker og andre komponenter informasjonen man har lagret på disse hvis de ligger ubrukt over lang tid. Hvis man vil forandre informasjonen som ligger på for eksempel en diskett, kan man bare forandre det magnetiske feltet igjen, og dermed substratet, og det er dette som gjør at vi kan lagre og slette data mange ganger om igjen. Det er manipulatorene som lager dette magnetiske feltet når noe blir skrevet på en diskett eller på andre magnetiske lagringsmedium. Grunnen til at slike lagringsmedier har blitt så populære er at de er veldig billige å lage og enkle i bruk.

Prinsippet er enkelt: når manipulatorene, ofte kalt et skrive/lese hode, beveger seg over det magnetiske substratet, forandrer den hvilken retning de magnetiske polene på en samling av små ferromagnetiske partikler ligger. Dette vil igjen representere en 1 eller en 0, også kalt en "bit", og all digital informasjon er lagret slik; i 1'ere og 0'ere.

### **Optisk lagring**

Optisk lagring er et ganske nytt fenomen sammenlignet med magnetisk lagring, og gjennombruddet kom med CD'en tidlig på 1980-tallet. CD står for "Compact Disc" og ble først og fremst laget fordi man ville ha et nytt medium til å lagre musikk og lyd på i digital form, i stedet for å bruke kassetter som baserer seg på magnetisk lagring, eller LP-plater som baserer seg på analog lagring. Siden CD-teknologien er digital tok det ikke lang tid før den første CD-ROM'en kom; en komponent man kunne feste til datamaskinen for å lese av CD'er som inneholdt programmer, bilder eller annen digital informasjon. CD-ROM står for "Compact Disc Read-Only Memory".

## Harddisk [90-92]

---

I dag er nok harddisken den mest ”populære” lagringskomponenten, figur 15. En harddisk er den komponenten i datamaskiner over hele verden som lagrer all data over lang tid, i motsetning til RAM’en som mister all data når strømmen slås av. På harddisken lagres alle musikkfilene, filmene, bildene, dokumentene, programmene og masse mer som vi bruker til daglig på en pc. Uten denne delen ville vi aldri kunne ha lagret så mye som vi gjør i dag. Denne ”vitale” delen bruker prinsipper innen elektrisitet og, ikke minst, magnetisme for å lagre data. Ved bruk av magnetisme kan en harddisk per 2005 lagre opptil 500 GB (Gigabytes). Til sammenligning bruker en mp3-sang ca 3-5 MB (Megabytes) av den totale harddisk plassen. Det vil si at vi kan få plass til mellom 100000-200000 sanger på en slik harddisk. Mange datamaskiner i dag, spesielt servere, har ofte flere harddisker, og det er ikke uvanlig at privatpersoner ofte har flere TB (Terrabytes) med harddiskplass. Har man først lagret noe på en harddisk kan det ligge der i 10-20 år uten at det forsvinner, hvis man ikke sletter det selvfølgelig.

### Virkemåte

De enkle prinsippene bak en harddisk er veldig lik andre magnetiske lagringsmedier, men en harddisk er allikevel unik. Først å fremst bruker den glass- eller metallplater dekket med et magnetisk materiale som det er enkelt å kontrollere og manipulere. Disse platene, som ligner veldig på en CD, spinner rundt i en utrolig høy fart. En vanlig plate per 2005 spinner med en fart på 7200 RPM, (revolutions per minute), men det er ikke uvanlig med plater som spinner med 10000 RPM eller mer. Den høye roteringsfarten gjør at lese- og skrivehodene kan lagre og lese av data mye fortere sammenlignet med eldre harddisker.

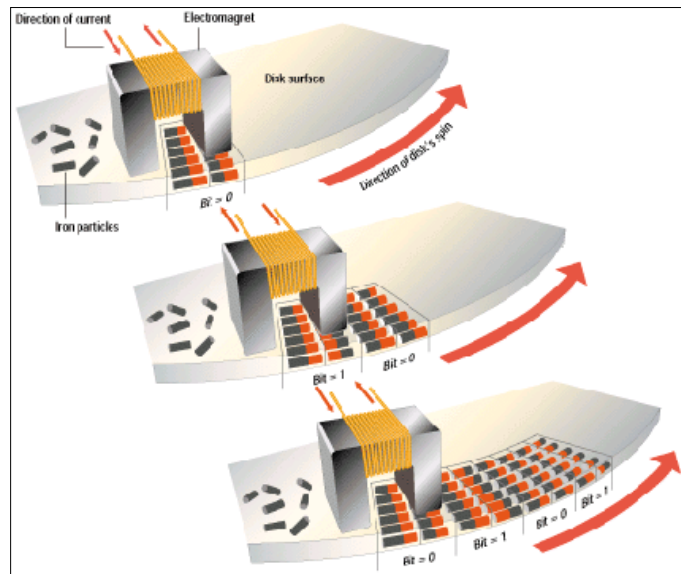
Platene var ofte laget av finbørstet aluminium, men etter som mer og mer data skulle lagres på mindre områder, måtte lese- og skrivehodet ”sveve” bare noen få nanometer over overflaten til platen. Dermed måtte også platene bli jevnere, og derfor er mesteparten av disse i dag laget av finpusset glass. Dette er dog ikke uproblematisk siden glass ofte brister lettere enn andre materialer. Og siden utviklingen har vist at platene i fremtidige harddisker spinner fortere og fortere, har harddiskindustrien investert store summer i forskning på materialer som er så sterke som mulig, har veldig jevne overflater og som samtidig er billig å framstille.

Gamle harddisker brukte ofte jernoksid som det magnetiske materialet, også kjent som rust. Dette ble også brukt i kassetter og andre tape-baserte medier. Det er billig å framstille og bruke, men etter hvert som lagringskapasiteten økte ble også jernoksid for grovt som magnetisk



**Figur 24;** Dette er en helt vanlig harddisk. Man kan se lese- og skrivehoder og at det er 6 av dem. Dette betyr at det ligger til sammen 3 plater/skiver oppå hverandre.

materiale. Hvis man skal klare å lagre mye data på et lite område, må også partiklene som manipuleres bli mindre. Derfor bruker harddiskene i dag et helt annet substrat som ligger som et veldig tynt lag over og under selve platen som spinner rundt. Dette substratet er ofte en slags koboltblanding med en tykkelse på noen titals nanometer. Siden det ferromagnetiske materialet er veldig finkornet, må også lese- og skrivehodene bli mindre og de må klare å manipulere disse, i virkeligheten, små ansamlingene av partikler. I tillegg lagrer harddisken data på både over- og undersiden på en plate, så hvis man har 3 plater trengs det 6 lese- og skrivehoder, figur 24. Ved å øke antall plater som ligger i en harddisk, kan man øke lagringskapasiteten dramatisk.



**Figur 25;** Her ser man overflaten på en plate i en harddisk og hvordan retningen som de magnetiske partiklene ligger i representerer "bits". All digital informasjon er representert i "bits", 1'ere og 0'ere.

Lese- og skrivehodet er selve manipulatoren. Denne har som oppgave å magnetisere de små ferromagnetiske partiklene som ligger på platene. Disse kan igjen manipuleres til å ligge i et bestemt mønster, og det er disse mønstrene som omgjøres til "bits", 1'ere eller 0'ere, figur 16. Et lese- og skrivehode er i prinsippet en hesteskoformet metallgjenstand. Denne er surret inn med en elektrisk leder, og når strøm sendes i en bestemt retning i lederen, vil et magnetisk felt induseres. Skifter man retningen på strømmen, vil også det magnetiske feltet skifte retning. På denne måten kan lese- og skrivehodet bestemme hvilken vei de ferromagnetiske partiklene skal ligge. Man polariserer partiklene slik at de ligger gruppevis. Hver gruppe består av 2 rader med partikler som er magnetisert. Hvis 2 rader i en gruppe har samme pol vendt mot hverandre, vil dette representere en 1'er, og motsatt for en 0'er. Når den skal lese av data, svever den bare over de områdene som allerede er manipulert til å representere data. Da vil det induseres en liten strøm i lederen som er surret rundt "hesteskoen", og dette gjøres så om til "bits", figur 25.

Det er en grunn til at lese- og skrivehodet må sveve over platen. Hvis den var borti overflaten, ville den skrape løs små partikler som videre kan ødelegge data. En harddisk er derfor også meget partikkelfri innvendig. Mange tror faktisk at man har dannet et vakuum inne i harddisken for å klare å holde støvpartikler og andre partikler borte fra platene, men dette er ikke tilfellet. I stedet har man klart å filtrere bort de fleste partikler ved produksjon, i tillegg er harddiskene utstyrt med filtre som kan rense bort alle partikler som kan være skadelige for platene etter at de er ferdig produsert.

Det er utrolig å tenke på hvordan de forskjellige komponentene i en harddisk må fungere sammen og hvor fort dette skjer. Man kan forestille seg at datamengdene ligger på platene i et fullstendig kaos, men ingeniørene har laget et system som gjør at datamengdene lettere kan finnes av lese- og skrivehodene. Man har rett og slett delt platene inn i små områder som man kaller spor og sektorer. På disse områdene ligger det en bestemt mengde med "bits". Gamle harddisker hadde kanskje bare 20 spor og 16 sektorer som man lett kunne se på platens overflate, men dagens plater har så mange at man må bruke et kraftig mikroskop for å kunne se disse. Nye harddisker er også delt inn i soner og sektorer som varierer i antall og størrelse med

henhold til plasseringen på platen. Innerst på platen er det ikke like mange spor og sektorer som på den ytterste delen av platen. Dette gjør at man kan fordele datamengder på en mye mer effektiv måte og lagringskapasiteten øker derfor også.

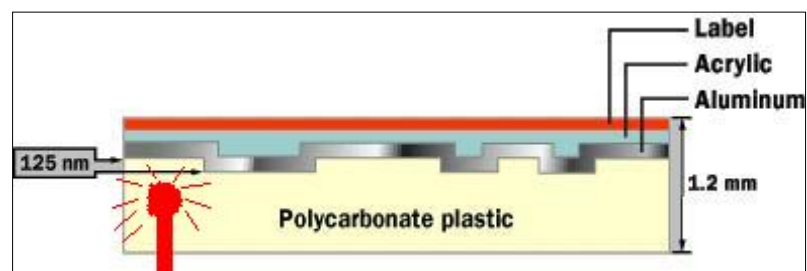
Harddiskene må, som mange andre komponenter ha en "hjerne" som forstår signalene som blir registrert av lese- og skrivehodene. Derfor har alle harddisker et kretskort som er festet på undersiden. Dette kretskortet gjør for eksempel om strømsignalene som hodene registrerer til "bits". Det har også som oppgave å formidle disse videre til RAM'en, slik at prosessoren kan dra nytte av dem.

## CD og DVD [92-95]

---

CD, DVD og alle andre former for optisk lagring baserer seg på den samme teknologien som ble utviklet på begynnelsen av 1980-tallet, og da denne teknologien først kom ut kunne den lagre enorme mengder data sammenlignet med andre lagringsmedier. Alle vet hvordan en CD ser ut, men hvordan den er satt sammen og hvordan den fungerer er det ikke like mange som vet.

En CD er bare ca 1.2 millimeter tykk, men består av flere lag med forskjellige materialer, figur 26. Det første laget, som ligger underst av alle lagene, er en type plastisk polykarbonat som er gjennomsiktig. Det er på dette laget at den digitale informasjonen blir "presset" på i form av topper. Så blir et



**Figur 26;** Her kan man se de forskjellige lagene på en CD. Laserstrålen sendes altså nedenfra og oppover på bildet.

tynt, reflekterende lag av aluminium lagt over plastikken. Deretter legger man et lag av det beskyttende materialet akryl, som er en ganske hard plasttype. Deretter kan man trykke på et bilde eller en annen form for kunst som beskriver innholdet på CD'en. Alle "bitene" på en slik CD blir skrevet i en sammenhengende spiral, fra sentrum av platen og gradvis lenger ut. Denne sammenhengende "veien" med data er ca 0,5 mikrometer bred, og hver av toppene er ca 125 nanometer høye. Når data skal leses fra CD'en bruker man laser som har en bølgelengde på ca 780 nanometer. Når lyset registrerer en forandring mellom en topp og bunn, altså topp/bunn eller bunn/topp forandringen, blir dette gjort om til en 1'er. Hvis det ikke er noen topp/bunn forandring over en strekning blir dette forstått som en 0'er. Det er forskjellen i fasen på lyset som reflekteres fra toppene og bunnene som registreres av en fotodiode og som gjøres om til "bits".

Andre CD-typer, som for eksempel CD-R plater og CD-RW plater, baserer seg på samme prinsipp, men her skal det også være mulig å lagre data på en slik plate fra en vanlig datamaskin. På en CD-R plate bruker man et organisk fargemateriale som kan manipuleres av laseren i en CD-spiller som er laget slik at man kan lagre data også. Dette fargematerialet er egentlig reflekterende, men laseren kan "brenne" dette materialet slik at det oppstår mørke

flekker som ikke er reflekterende. Disse mørke flekkene oppfattes som topper, og forandringen i brent/ikke brent, eller reflektert/ikke reflektert lys vil oppfattes som en 1'er, på samme måte som på en vanlig CD.

En CD-RW plate, samt diverse typer DVD-plater, bruker samme prinsipp; man bruker laser av forskjellige frekvenser til å skrive og lese datamengder på en overflate av forskjellig oppbygning. Ved å bruke kortere bølgelender, kan man også forminske størrelsen på toppene på overflaten til platen, og da kan man også pakke disse tettere enn på en vanlig CD. I tillegg har man klart å utvikle så sensitive fotosensorer og algoritmer som kan se forskjell på opptil 2 lag med "bits". En vanlig CD har ca plass til 750 Megabytes, figur 27, mens en vanlig DVD i dag kan lagre mellom 4,4-17 Gigabytes med data.



**Figur 27;** Her ser man en vanlig CD med operativsystemet "Windows Me".

## ***Skjerm / Monitor [100-113]***

---

Alle datamaskiner som skal styres eller kontrolleres av mennesker er avhengige av å ha en form for output som gir oss informasjon og tilbakemelding. I de aller fleste datamaskiner er dette i form av en visualisering. Det kan være alt fra et lite rødt lys eller en viser på et speedometer til de mest informasjonsrike skjermer og displays. Når det gjelder datamaskiner som brukes av vanlige forbrukere, på skoler og i hjemmet, bruker vi skjermer, og i all hovedsak bilderør (CRT) og LCD skjermer. Datamaskiner kan naturligvis også kobles til andre type skjermer, projektorer og andre komponenter for visualisering. Uansett baserer disse seg på to grunnleggende egenskaper i menneskehjernen. Den første er hjernens evne til å sette sammen en mengde fargede prikker til et meningsfylt bilde. Dette ser du tydelig hvis du går veldig nær en veldig stor skjerm, for eksempel på fotballkamp. Du vil da kun se en mengde fargede pærer, eller områder, der du på avstand så et bilde. Disse områdene eller prikkene kaller vi på dataspråket piksels. Den andre egenskapen er evnen til å sette sammen en mengde stillbilder som vises raskt etter hverandre til én bevegelse. Minimum antall bilder som må vises for at vi skal oppfatte dette som sammenhengende er 15 per sekund.

## **Signal**

For st du skal se noe som helst på PC-skjermen er den avhengig av strømforsyning og signaler om hva den skal vise. Dette signalet kan være analogt, VGA, eller digitalt, DVI, og det finnes derfor to forskjellige typer ledninger. Gamle CRT-skjermer bruker analogt, nyere har gjerne tilkoblingsmuligheter for begge, mens LCD-skjermer har digitalt som standard. Digitalt finnes enten som "Single Link" eller "Dual Link", avhengig av hvilken oppløsning som ønskes. Det finnes også digitale ledninger som takler analoge signaler i tillegg. Disse kalles DVI-I, der I-en står for "Integrated", og har som vist i figur 28 fire ekstra pins for å føre det analoge signalet.

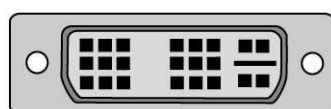
### Analog skjermkontakt



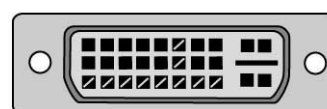
### Signalfordeling i analog skjermledning

1: Rød ut	6: Rød retur (jord)	11: Skjerm ID 0
2: Grønn ut	7: Grønn retur (jord)	12: Skjerm ID 1 eller data fra skjerm
3: Blå ut	8: Blå retur (jord)	13: Horisontal shift
4: Ikke i bruk	9: Ikke i bruk	14: Vertikal shift
5: Jord	10: Shift retur (jord)	15: Skjerm ID 3 eller klokke

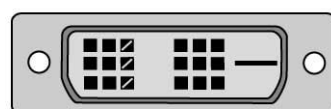
### Digitale skjermkontakter



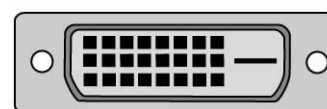
Single Link DVI-I



Dual Link DVI-I



Single Link DVI-D



Dual Link DVI-D

**Figur 28;** Her er en oversikt over den analoge tilkoblingen, VGA, og de forskjellige digitale tilkoblingene, DVI-typene.

Uansett hva slags type signal som føres kommer det fra datamaskinens skjermkort. Skjermkortet er, dersom det ikke er integrert på selve hovedkortet, en egen separat komponent. Det har som oppgave å tolke den digitale informasjonen som kommer fra hovedkortet, og dermed fra prosessoren og minnet, og lage bilder av det. Skjermkortet består derfor av en inngang for strømforsyning og data fra hovedkortet, en prosessor, GPU, som bestemmer hva som skal gjøres med hver enkelt piksel på skjermen, et minne, VRAM, for å huske informasjon om hver enkelt piksel, i noen tilfeller hele bilder. Og selvfølgelig en utgang mot skjermen slik at vi kan se resultatet. Denne utgangen kan da være digital og/eller analog gjennom en omformer.

Prosessoren på skjermkortet, "Graphic Processing Unit" eller GPU, ligner på datamaskinens prosessor, "Central Processing Unit", men er spesielt konstruert for å utføre komplekse matematiske og geometriske operasjoner som er nødvendig for å lage bilder. Noen av de raskeste GPU'ene har faktisk flere transistorer enn en gjennomsnittlig CPU. Å forvandle data til bilder er en av datamaskinens tyngste oppgaver og skjermkortet trekker derfor mye strøm og lager mye varme. Skjermkortets minne, VRAM, må være veldig raskt og er derfor nesten alltid "dual ported", som vil si at det kan skrives til og leses fra samtidig.



## Bilderørskjermer – CRT

”Cathode Ray Tube”, CRT, er fortsatt den klart vanligste skjermtypen og benytter den samme teknologien som i gamle TV’er, figur 29. Slike skjermer blir ofte kalt bilderør- eller katoderørskjermer. Selv om LCD-skjermer blir stadig mer populært, sverger en del fortsatt til CRT på grunn av dens overlegne egenskaper, enn så lenge. CRT har nemlig et mer lyssterkt skjermbilde, større innsynsvinkel, skjermen oppdateres oftere og kan ha større oppløsning.

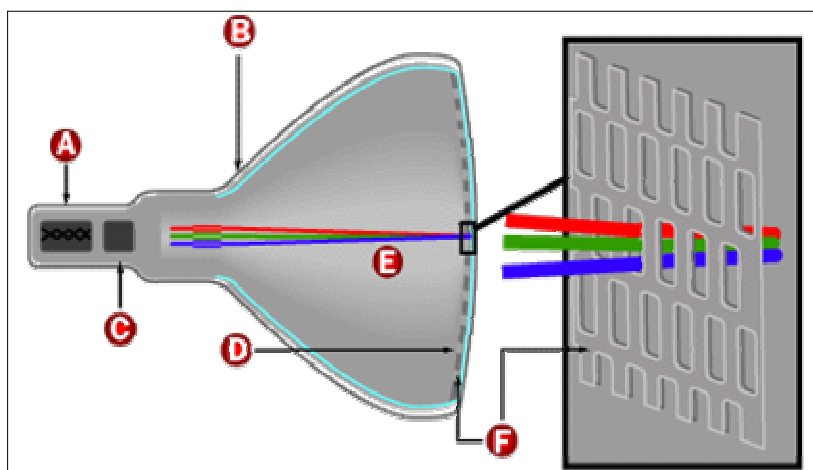


Figur 29; Bilde av en vanlig CRT-skjerm.

Innvendig består en CRT-skjerm av en glasskjegle, se figur 30, og bak denne sitter en elektronkanon bestående av en katode, A, og to eller flere anoder, C. Katoden er et filament, ikke ulikt glødetråden i en lyspære. Når denne blir varmet opp i vakuum sender den ut elektroner som trekkes i riktig retning av anodene. Den første kalles fokuserende anode og har, som navnet tilsier, som funksjon å samle alle elektronstrålene til én. Den andre er en akselererende anode som gir elektronene farten de trenger for å nå frem til skjermen.

Skjermen er litt konkav, noe som skyldes at avstanden fra den siste anoden skal være tilnærmet lik til alle punkter på skjermen for å unngå forsinkelser. Innsiden av skjermen er dekket av et tynt lag med fosfor (D) som lyser når det blir truffet av elektroner.

I svart/hvitt skjermer er det én type fosfor som sender ut hvitt lys når det blir truffet av elektroner, mens det i fargeskjermer er tre forskjellige typer fosfor ordnet som striper eller punkter i forhold til hverandre. Disse sender ut henholdsvis rødt, grønt og blått lys. I fargeskjermer består derfor elektronkanonen i realiteten av tre elektronkanoner som hver sender ut en elektronstråle, E. I hver av disse kan intensiteten reguleres separat og på denne måten produsere alle mulige farger. Forskjellige typer fosfor kan ha variasjoner i det emitterte lysets bølgelengde og hvor lenge det emitterer etter å ha blitt truffet av elektronet. På innsiden av fosforet er det i fargeskjermer også et tynt metallgitter kalt skyggegitte, F. Hullene i gitteret er tilpasset stripene eller punktene i fosforen. Dette er et hjelpemiddel for å skille mellom pikslene slik at bildet blir skarpt.



Figur 30; Her er en skjematisk oversikt over glasskjeglen, katodene og anodene i en CRT-skjerm. De store enkeltbokstavene i teksten refererer til bokstavene figuren.

Innsiden av glasskjeglen er ellers dekket med en elektrisk leder, B, som fanger opp elektronene som kastes tilbake fra skjermen. Den tykke, svarte ledningen på bildet under er koblet til denne.

Slik som beskrevet til nå vil elektronstrålen, E, gå rett frem i vakuumet og lyse opp ett punkt akkurat i midten av skjermen. For å lage et bilde er vi avhengige av å styre denne elektronstrålen. Det gjøres ved hjelp av to spoler av kobbertråd rundt glassrøret, en for å styre strålen i vertikal retning og en for horisontal. Disse kan sees i figur 31. På denne måten kan elektronstrålen styres til hvilket som helst punkt på skjermen ved å variere spenningen over disse.



**Figur 31;** Innmaten i en vanlig CRT-skjerm. Man kan skimte de to spolene av kobbertråd.

## Visningen av bilder

CRT-skjermen viser bilder ved å styre elektronstrålen i horisontale linjer fra venstre til høyre på samme måte som når vi leser en tekst. Strålen skrur så av og starter til venstre igjen på neste linje. Slik fortsetter den til alle linjene er fylt og hopper så, som når øynene våre "leser" en tekst, øverst til venstre igjen. Disse forflytningene kalles "shift" eller "retrace", og det er viktig å merke seg at elektronstrålen slås av under "shift'et". Vi har med andre ord horisontale og vertikale "shift".

En vanlig skjerm har rundt 400 slike linjer og hele skjermen oppdateres gjerne 60 ganger i sekundet. TV-skjerner, og noen PC-skjerner, bruker en teknikk kalt "interlacing" der bare annenhver linje oppdateres hver gang. Elektronstrålen har da fortsatt 60 vertikale "shift" i sekundet, men hele bildet oppdateres i realiteten bare 30 ganger i sekundet. Med 400 linjer 30 ganger per sekund blir det 12 000 linjer i sekundet, en frekvens som for noen er hørbar som en veldig lys tone. De fleste PC-skjerner oppdaterer riktig nok hele skjermen 60 ganger i sekundet fordi det reduserer flimringen.

Dersom du har prøvd å filme en CRT-skjerm med et videokamera har du sannsynligvis sett at det gir et dårlig resultat. Du vil enten se intens flimring og/eller en sort stripe som ruller nedover skjermen. Flimringen skyldes enten at kameraet du bruker tar bilder med en annen frekvens enn den skjermen din har og den sorte stripa kommer av forskjellen i hvordan kameralinsen og øyet ditt ser fosforpunktene. Et vanlig videokamera er nemlig langt fra så følsomt for lys som det menneskelige øyet, og vil derfor ikke se de opplyste punktene like lenge etter at de har blitt truffet av elektroner. Begge disse fenomenene kan unngås ved å forandre skjermens frekvens eller ved rett å slett å filme en LCD-skjerm, som ikke fungerer på samme måte som en CRT-skjerm.

## Flatskjermer – LCD

”Liquid crystal display”, LCD, er den vanligste typen flatskjerm i dag og den blir stadig mer populær, figur 32. Teknologien med flytende krystaller har vært i bruk i lang tid og eksempler finnes overalt rundt oss i digitale klokker, cd-spillere, mikrobølgeovner, bilstereo osv. De aller fleste slike små display benytter LCD-teknologi. At LCD skjermer til datamaskiner er blitt så populært skyldes hovedsakelig prisen og størrelsen. LCD-teknologien er nemlig langt billigere å produsere enn f.eks plasmaskjermer, og mindre og lettere enn CRT. I tillegg bruker de langt mindre strøm og de er derfor standard i alle bærbare datamaskiner.



**Figur 32;** Her kan man se en vanlig LCD-skjerm. Slike skjermer tar veldig lite fysisk plass, sammenlignet med CRT-skjermer.

## Flytende krystaller

De fleste har lært at materie forekommer i tre forskjellige former, nemlig fast form, væske og gass. Derfor høres det veldig rart ut med flytende krystaller. I krystaller har nemlig molekylene en fast struktur og posisjon i forhold til hverandre, mens det i væsker er helt motsatt. Her kan molekylene bevege seg nærmest fritt i forhold til hverandre.

Så i hvilken bås setter vi flytende krystaller? Svaret er ingen. De kan bare defineres som et sted i mellom fast og flytende materie og derfor har de fått sitt noe motsigende navn. Molekylene holder som regel en fast posisjon i forhold til hverandre, men kan også forandre posisjoner. Det viser seg likevel at flytende krystaller har flere av egenskapene til en væske enn fast stoff. For å lage flytende krystaller av et fast stoff trengs det en god del varme, deretter trengs det kun en liten temperaturforandring for å forandre den til væske. Dette forklarer blant annet hvorfor laptop'er og andre LCD-skjermer kan fungere dårlig på kalde eller veldig varme dager.

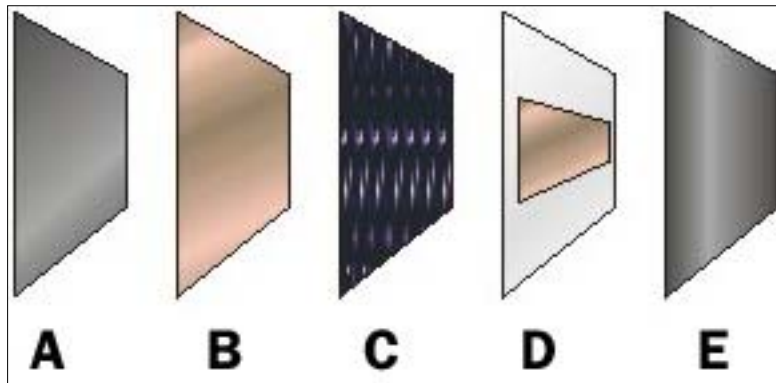
Det finnes mange forskjellige typer flytende krystaller. De som brukes i skjermer kalles ”twisted nematics”, TN. De ønsker til enhver tid å organisere seg i en spiralform og reagerer på strøm på en slik måte at spiralen retter seg ut. Hvor mye spiralen rettes ut avhenger av strømstyrken som går igjennom den. Denne typen flytende krystaller brukes i LCD-skjermer fordi de reagerer forutsigbart på strøm og fordi de på denne måten kan slippe igjennom en bestemt mengde lys.

## LCD-skjermens sammensetning

Teknikken bak en LCD-skjerm hviler på fire grunnsteiner:

- Lys kan polariseres.
- Flytende krystaller kan reflektere lyset slik at polarisasjonsretningen forandres.
- Flytende krystaller kan forandre form når de blir påvirket av strøm.
- Det finnes gjennomsiktige materialer som kan lede strøm.

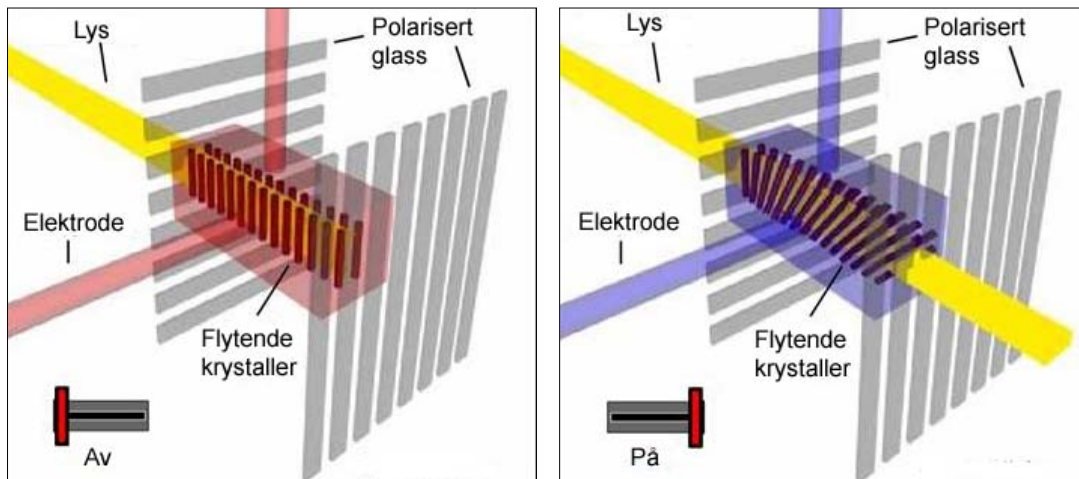
For å lage en skjerm trenger du to glassplater, figur 33; A og F, som er polarisert på utsiden og har en gjennomsiktig elektrode på innsiden, B og D. Et tynt lag med polymer strykes utover den ene glassplaten, på den siden som ikke har den polariserende filmen. Denne har som funksjon å innrette de flytende krystallene i samme retning som polariseringen på glassplaten. Så legges flere lag med TN-krystaller, C, og til slutt den siste glassplaten. Denne må ha polarisering vinkelrett på polariseringen til den første glassplaten. Nå vil det nederste laget med TN-krystaller ha samme retning som den første polarisasjonen og de påfølgende lagene vil være dreid litt om sin egen akse i forhold til den forrige helt til det siste laget som har samme retning som den siste polarisasjonen. Spiralen har altså en kvart omdreining.



Figur 33; de forskjellige lagene med glass, plast og elektroder.

Når lyset nå treffer den første glassplaten blir det polarisert. Deretter vil hvert ledd i spiralen sende lyset videre til det neste, men med en liten dreining av polarisasjonsretningen for hver gang. Når lyset når enden av spiralen vil det dermed være polarisert i samme vinkel som det siste leddet. Det vil derfor være vinkelen til det siste leddet i forhold til det første som bestemmer hvor mye lys som skal slippe igjennom, med andre ord lysintensiteten. Denne dreiningsvinkelen til spiralen kan vi som tidligere nevnt styre ved hjelp av strøm.

Når lyset nå treffer den første glassplaten blir det polarisert. Deretter vil hvert ledd i spiralen sende lyset videre til det neste, men med en liten dreining av polarisasjonsretningen for hver gang. Når lyset når enden av spiralen vil det dermed være polarisert i samme vinkel som det siste leddet. Det vil derfor være vinkelen til det siste leddet i forhold til det første som bestemmer hvor mye lys som skal slippe igjennom, med andre ord lysintensiteten. Denne dreiningsvinkelen til spiralen kan vi som tidligere nevnt styre ved hjelp av strøm.



Figur 34; Hvordan hver spiral av flytende krystall fungerer.

## Passive rutenett

Det finnes to forskjellige måter å organisere enkeltpunktene/pikslene på slik at man kan styre hver enkelt separat. Den enkleste kalles på engelsk "Passive Matrix". Her aktiveres pikslene av et enkelt rutenett av et gjennomsiktig strømførende materiale, oftest indium-tinn oksid. På innsiden den ene glassplaten legges vertikale ledere og på den andre horisontale. Ved å sende en ladning ned en av de vertikale lederne og legge jord på en horisontal vil dette aktivere

pikslen der de to møtes. Dette kan virke som et elegant system, men det har sine negative sider. For det første tar det lang tid når dette skal gjøres med alle pikslene. Vi får dermed lav responstid og oppdateringsfrekvens som kan sees ved fenomenet "ghost" som for eksempel halen av piler du ser når du beveger musa raskt over skjermen eller etter raske bevegelser i filmer. I tillegg medfører passive rutenett dårlig spenningskontroll, det vil si at ikke bare den ønskede pikslen rettes ut, men også til en viss grad pikslene rundt. Dette fører igjen til dårlig kontrast på skjermen.

## **Aktive rutenett**

Det andre systemet, kalt "Active Matrix", baserer seg på tynn film transistor, TFT-teknologi. TFT er i realiteten ørsmå transistorer og kondensatorer ordnet i et rutenett på den ene glassplaten. For å aktivere en piksel skrur man på den raden og sender så en ladning vertikalt nedover den riktige kolonnen. Siden alle de andre radene ikke er aktivert treffer ladningen kun den ønskede kondensatoren, som holder på denne helt til neste oppdateringssyklus. Denne teknologien er både raskere og mer nøyaktig, men koster også mer å produsere.

## **Lys**

Det er viktig å merke seg at LCD-skjermer ikke lyser selv, slik som CRT-skjermene. Enkle LCD'er som klokker osv. er avhengige av å reflektere lys fra eksterne lyskilder for at du skal kunne se noe. De fleste LCD'er, deriblant dataskjermer, har baklys slik at de også kan benyttes i liten belysning og mørke. I dataskjermer er det lysrør øverst, på sidene og kanskje bak skjermen som skaper lyset. En reflekterende overflate bak hele skjermen fordeler dette lyset jevnt over hele skjermen. Som nevnt tidligere har LCD ulempen at de ikke er like lyssterke som CRT. Det skyldes at nærmere 50 % av lyset aldri kommer ut av gjennom skjermen.

## **Farger**

For at en LCD skal kunne vise farger må hver piksel ha tre underpikslar. En rød, en grønn og en blå, akkurat som for CRT. Dagens skjermer har ved finjustering av transistorer og kondensatorer fått til 256 grader av gjennomlysning i spiralene, fra hvitt til svart. Dette kombinert med de tre fargepikslene gjør at dagens skjermer kan vise hele 16,8 millioner forskjellige farger (256 grader av rød x 256 grader av grønn x 256 grader av blå)! For å klare dette med et aktivt rutenett kreves et svimlende antall transistorer. Ta for eksempel en oppløsning på 1280x960 som er vanlig for en bærbar datamaskin: til dette trengs 1280 x 960 x 3 underpikslar, eller totalt 3 686 400 transistorer spredt utover glassflaten.

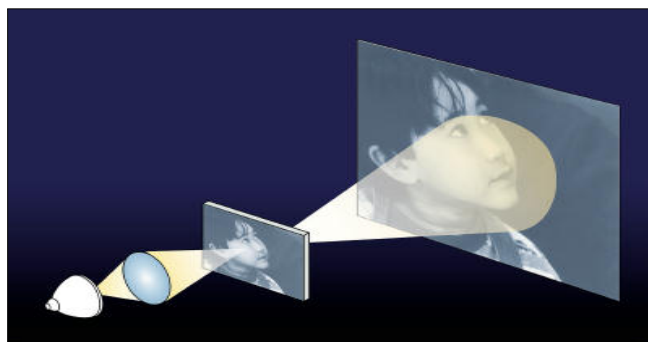
Dersom det under produksjonen eller seinere oppstår en feil med en av disse transistorene vil det komme til syne som en defekt piksel. Dette er for øvrig grunnen til at store LCD-skjermer er veldig kostbare. Jo større de er, jo større er sjansene for at de inneholder en defekt piksel og må kasseres. Produsentene av virkelig store LCD'er må kassere rundt 40 % av alle skjermene de lager, salget av de resterende må derfor dekke kostnadene for disse også.

## **Andre typer monitorer og projektorer**

En PC kan også kobles opp mot en rekke andre monitorer, for eksempel TV-skjermer. CRT og LCD-skjermer vil fungere veldig likt som PC-versjonene, mens plasmaskjermer fungerer på en helt annen måte. Plasmaskjermer har det til felles med CRT at de selv sender ut lys og ligner

LCD'er ved at de også har passive rutenett. I plasma er det derimot en liten "lampe" i hver underpiksel, fargepiksel, som aktiveres av ladningen som sendes. Man lager så små "lamper" ved hjelp av bittesmå lommer mellom glassplatene som fylles med en gass av frie ioner. En spenning over en slik lomme vil trekke elektronene mot den ene platen og protonene mot den andre, og kollisjoner mellom disse eksiterer fotoner, altså lys. Med god lysstyrke, synsvinkel og liten tykkelse ser plasmaskjermen ut til å ha tatt de beste egenskapene til CRT og LCD, grunnen til at de ikke brukes til datmaskiner i svært liten grad er at de er veldig dyre å produsere.

På mange arbeidsplasser er PC'er også i bruk sammen med projektorer, figur 35. Dette brukes gjerne for å kunne kommunisere med flere mennesker, for eksempel under et foredrag eller en demonstrasjon. En projektor sender bildet i form av lys mot en reflektiv plate eller lerret og er derfor avhengig av lite eller ikke noe lys i lokalet. Inne i projektoren sitter det i mange tilfeller faktisk en liten CRT eller LCD skjerm. Denne kan enten gjennomlyses eller brukes som speil for å sende bildet ut. I begge tilfeller må signalet først speilvendes av projektoren.



**Figur 35;** her viser man prinsippet bak en projektor på en veldig enkel måte.

## *Datamaskinens fremtid [120-123]*

---

De færreste betviler at datamaskinen har en fremtid, men hvordan den blir og hvilken retning utviklingen tar kan ingen vite sikkert. Den nærmeste fremtiden vet vi likevel litt om. Som nevnt tidligere er det å være et jag om å lage mindre, lettere, billigere og bedre komponenter. Dette vil ganske sikkert føre til mindre og lettere maskiner som likevel yter bedre enn dagens. Gapet mellom bærbare datamaskiner og skrivebordsmodeller vil bli mindre, og kanskje vil den bærbare innta den tradisjonelle PC'ens posisjon.

Transistorer er de komponentene som forminskes fortest og om noen få år kommer vi til et interessant veiskille. Det finns nemlig en fysisk grense for hvor små man kan lage en transistor, den kan ikke være mindre enn at et elektron kan gå igjennom det. Når man kommer ned på en så liten skala i størrelsesorden, vil ikke lenger klassisk fysikk gjelde for elektronet. Man må i så fall bruke kvantefysikk til å forklare bevegelser og tilstander til en slik partikkel, men det er ingen som vet hvordan enda, selv om forskere har noen gode ideer som å utnytte "spinnets" på et elektron.

Kommunikasjonen mellom datamaskiner vil trolig også gjennomgå en stor utvikling. Dette ser vi i dag spesielt på områdene sikkerhet, nett-betaling, beskyttede databaser, e-signatur, og informasjonshåndtering som for eksempel søkemotorer. Hastigheten på en internetforbindelse vil også vokse meget fort, og man kan utnytte denne båndbredden for eksempel ved å overføre store mengder digital informasjon i form av video/lyd, og kvaliteten på disse signalene vil være

utrolig bra. Digitale skjermer kan utnytte de digitale signalene og vise bilder som vil se "ekte" ut.

Det er veldig sannsynlig at den personlige datamaskinen vil bli håndholdt og vil også muligens ha mange andre komponenter integrert, som telefon, LAN, satellittmottager og kamera. Disse finns allerede, men de er ikke i nærheten av å konkurrere med bærbare datamaskiner og stasjonære. Integrerte kretser, som RFID-brikker, vil bli billigere å produsere og kan sys fast i klær, opereres under huden eller plasseres i andre gjenstander. Dette er en radiobrikke som kan sende informasjon ut rundt seg i en viss radius. Denne brikken kan for eksempel inneholde identiteten, blodtypen og DNA på den personen som har den under huden.

Noen ser for seg fremtidens PC'er som et litt tykt ark som du kan rulle eller brette sammen og ta med deg. Dette er tenkt styrt ved hjelp av trykk på skjermen, en såkalt "touch-screen". Det er generelt en tendens i utviklingen av nye skjermer at de lages bredere da dette passer bedre med det menneskelige synsfeltet. Skjermer vil kunne bli større, men først og fremst vil de bli klarere og mer behagelige å se på. Bildet viser en visjon om at PC-er i fremtiden har projektor istedenfor skjerm, og at det over alt vil finnes parabolignende skjermer der man kan jobbe med behagelige og virkelighetsnære bilder, figur 36

Lagringskapasiteten i en datamaskin, om det er primærminnet eller sekundær minnet, vil også vokse meget fort. Noen forestiller seg "holografisk lagring", at man lagrer datamengder i 3 dimensjoner, som i en terning. Dette kan øke lagringsmengden tusenvis av ganger i forhold til dagens løsninger som harddisker eller CD og DVD. I løpet av 2006 vil også en ny type DVD-plater komme ut. Disse kalles for HD-DVD og Blu-ray-DVD og kan lagre mellom 30 til 100 Gigabytes per plate.

Vi lever i en spennende tidsalder der teknologiene overalt rundt oss utvikler seg svært fort. Og det blir spesielt spennende å se hvordan teknologien i datamaskiner vil se ut om noen få år!



**Figur 36;** noen ser for seg at fremtidens skjerm bokstavelig talt vil delvis eller helt omslutte oss!

## Referanser

---

Tallene i klammer, [ ], i teksten viser til referansene her:

- 20: [home.online.no/~rkaste/dhindex.htm](http://home.online.no/~rkaste/dhindex.htm)
- 21: <http://heim.ifi.uio.no/~knuthe/db-historie/datahistorie.html>
- 22: [www.pbs.org/nerds/timeline/index.html](http://www.pbs.org/nerds/timeline/index.html)
- 23: [http://wikipedia.org/wiki/category:history\\_of\\_computing](http://wikipedia.org/wiki/category:history_of_computing)
- 24: [www.stud.ntnu.no/~runevilfiles/tdt4160.pdf](http://www.stud.ntnu.no/~runevilfiles/tdt4160.pdf)
- 25: <http://public.web.cern.ch>
- 26: "Den forunderlige reisen gjennom datahistorien", Arild Haraldsen, Tano Aschehoug, 1999
- 27: "Fra kuleramme til PC - Datamaskinens historie og betydning", Nils Kr. Rossing, Arne, Asphjell, Einar J. Aas, Vitensenteret Trondheim, 1998
  
- 30: <http://www.pcworld.no/index.cfm?fuseaction=artikkel&id=0225E623-0550-E4BF-154551AE1C13DA64#tekst>
- 31: <http://www.webopedia.com/TERM/m/motherboard.html>
- 32: <http://en.wikipedia.org/wiki/Motherboard>
- 33: <http://computer.howstuffworks.com/motherboard.htm>
  
- 40: [www.vuc-ribeamt.dk/underv/jja/tastaturets\\_historie.htm](http://www.vuc-ribeamt.dk/underv/jja/tastaturets_historie.htm)
- 41: [www.mit.edu/~jcb/dvorak/history.html](http://www.mit.edu/~jcb/dvorak/history.html)
- 42: <http://computer.howstuffworks.com/keyboard.htm>
- 43: "Physics for Scientists and Engineers with modern physics", Serway og Beichner, Harcourt, 2000
  
- 50: <http://club.fnatic.com/technology/articles/7/>
- 51: [www.museskade.dk/artikler.asp?t=5&id=11109](http://www.museskade.dk/artikler.asp?t=5&id=11109)
- 52: <http://computer.howstuffworks.com/mouse.htm>
  
- 59: "Electronic Circuits and Applications", Stephen D. Senturia og Bruce D. Wedlock, Wiley, 1975
- 60: <http://www.lucnet.com/minds/transistor/tech.html>
- 61: <http://en.wikipedia.org/wiki/Transistor>
- 62: <http://bmrc.berkeley.edu/courseware/ICMfg92/>
- 63: <http://www.pbs.org/transistor/science/info/chip.html>
- 64: <http://electronics.howstuffworks.com/diode.htm/printable>
- 65: [http://whatis.techtarget.com/definition/0,,sid9\\_gci213216,00.html](http://whatis.techtarget.com/definition/0,,sid9_gci213216,00.html)
- 66: <http://cerebellum.no/flasher/PS/periodiskesystem.html>
- 67: <http://www.leb.e-technik.uni-erlangen.de/lehre/mm/html/start.htm>
- 68: <http://www.pbs.org/transistor/science/info/chip.html>
- 69: <http://library.thinkquest.org/12666/junction.html>
- 70: <http://www.pbs.org/transistor/science/info/transmodern.html>
- 71: [http://www.st-andrews.ac.uk/~www\\_pa/Scots\\_Guide/first11/part7/page1.html](http://www.st-andrews.ac.uk/~www_pa/Scots_Guide/first11/part7/page1.html)
- 72: <http://computer.howstuffworks.com/microprocessor.htm/printable>
- 73: <http://computer.howstuffworks.com/boolean.htm/printable>
- 74: <http://computer.howstuffworks.com/bytes.htm/printable>
- 75: <http://www.lucnet.com/minds/transistor/uses.html>
- 76: <http://www.webopedia.com/TERM/m/microprocessor.html>



- 77: [http://whatis.techtarget.com/definition/0,,sid9\\_gci213216,00.html](http://whatis.techtarget.com/definition/0,,sid9_gci213216,00.html)
- 80: <http://computer.howstuffworks.com/ram.htm>
- 81: <http://www.webopedia.com/TERM/R/RAM.html>
- 82: [http://en.wikipedia.org/wiki/Random\\_access\\_memory](http://en.wikipedia.org/wiki/Random_access_memory)
- 83: [http://en.wikipedia.org/wiki/Read-only\\_memory](http://en.wikipedia.org/wiki/Read-only_memory)
- 84: <http://computer.howstuffworks.com/rom.htm>
- 85: <http://computer.howstuffworks.com/computer-memory.htm>
- 86: <http://computer.howstuffworks.com/cache.htm>
- 90: <http://computer.howstuffworks.com/hard-disk.htm>
- 91: [http://en.wikipedia.org/wiki/Hard\\_drive](http://en.wikipedia.org/wiki/Hard_drive)
- 92: <http://electronics.howstuffworks.com/cd.htm>
- 93: <http://electronics.howstuffworks.com/dvd.htm>
- 94: [http://en.wikipedia.org/wiki/Compact\\_disc](http://en.wikipedia.org/wiki/Compact_disc)
- 95: <http://computer.howstuffworks.com/removable-storage.htm>
- 100: <http://computer.howstuffworks.com/monitor.htm/printable>
- 101: <http://monitorworld.com/faq.html>
- 102: <http://hitmill.com/html/screen.html>
- 103: <http://computer.howstuffworks.com/graphics-card.htm/printable>
- 104: <http://www.mpeg.org/MPEG/index.html>
- 105: <http://electronics.howstuffworks.com/tv.htm/printable>
- 106: <http://www.viewsonic.com/monitoruniversity/lcdvcr.htm>
- 107: <http://electronics.howstuffworks.com/question336.htm>
- 108: <http://electronics.howstuffworks.com/lcd.htm/printable>
- 109: [http://computer.howstuffworks.com/laptop.htm/printable:](http://computer.howstuffworks.com/laptop.htm/printable)
- 110: <http://electronics.howstuffworks.com/projection-tv.htm>
- 111: <http://electronics.howstuffworks.com/home-theater.htm>
- 112: <http://electronics.howstuffworks.com/plasma-display.htm>
- 113: <http://www.beareview.com/links/plasma.html>
- 120: <http://www.itavisen.no/showArticle.php?articleId=1306174>
- 121: <http://www.itavisen.no/showArticle.php?articleId=1299088>
- 122: [http://www.hardware.no/nyheter/harddisk/terabyte-disker\\_i\\_lopet\\_av\\_2007/16080](http://www.hardware.no/nyheter/harddisk/terabyte-disker_i_lopet_av_2007/16080)
- 123: [http://www.hardware.no/nyheter/lagring/1\\_tb\\_hvd\\_snart\\_underveis/20312](http://www.hardware.no/nyheter/lagring/1_tb_hvd_snart_underveis/20312)