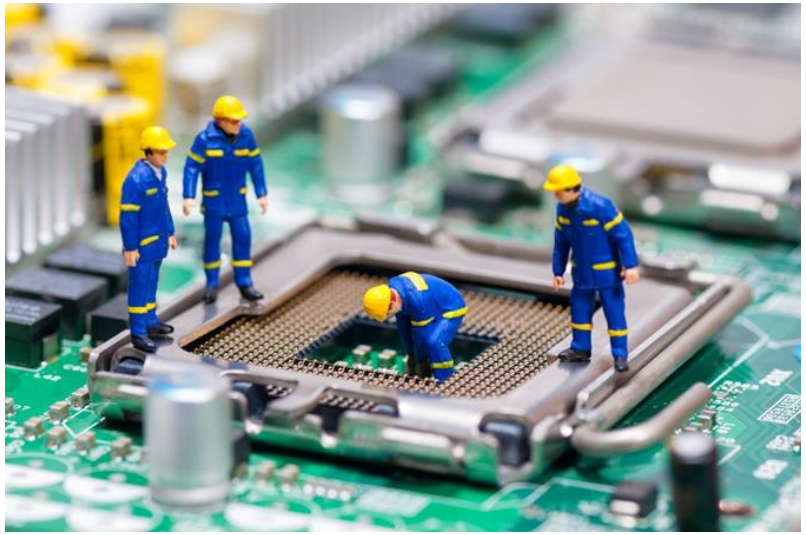
Universitetet i Sørøst-Norge

6105 Windows Server og datanett

Leksjon 4a Maskinvare og -arkitektur



- Hovedkomponenter og hovedkort i PC
- PC-arkitektur
- PCI Express bussen
- Prosessoren (CPU)
- Internminne (RAM)
- Harddisker (HDD) og Solid State disker (SSD)
- I/O busser: SATA, SCSI, SAS og PCIe/NVMe
- Skjermkort og videosignaler

Pensum:

- Kvisli: Datakommunikasjon og maskinvare, kapittel 2 Maskinvare og datamaskinarkitektur

Relevante linker:

Wikipedia:

- Bus (computing) — PCI Express — Central processing unit
- Random-access memory — Hard disk drive — Solid-state drive
- Serial ATA — SCSI — Serial Attached SCSI
- NVM Express — Graphics card — Graphics processing unit

Hovedkomponenter i PC

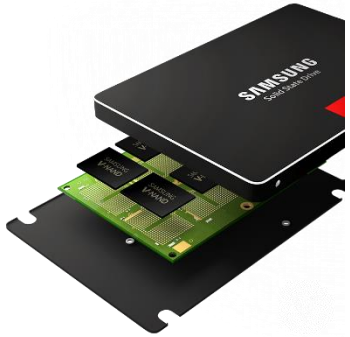
Prosessor (CPU)

Internminne (RAM)

Strømforsyning (power)

Permanente lagringsenheter

HardDisk Drive (HDD)



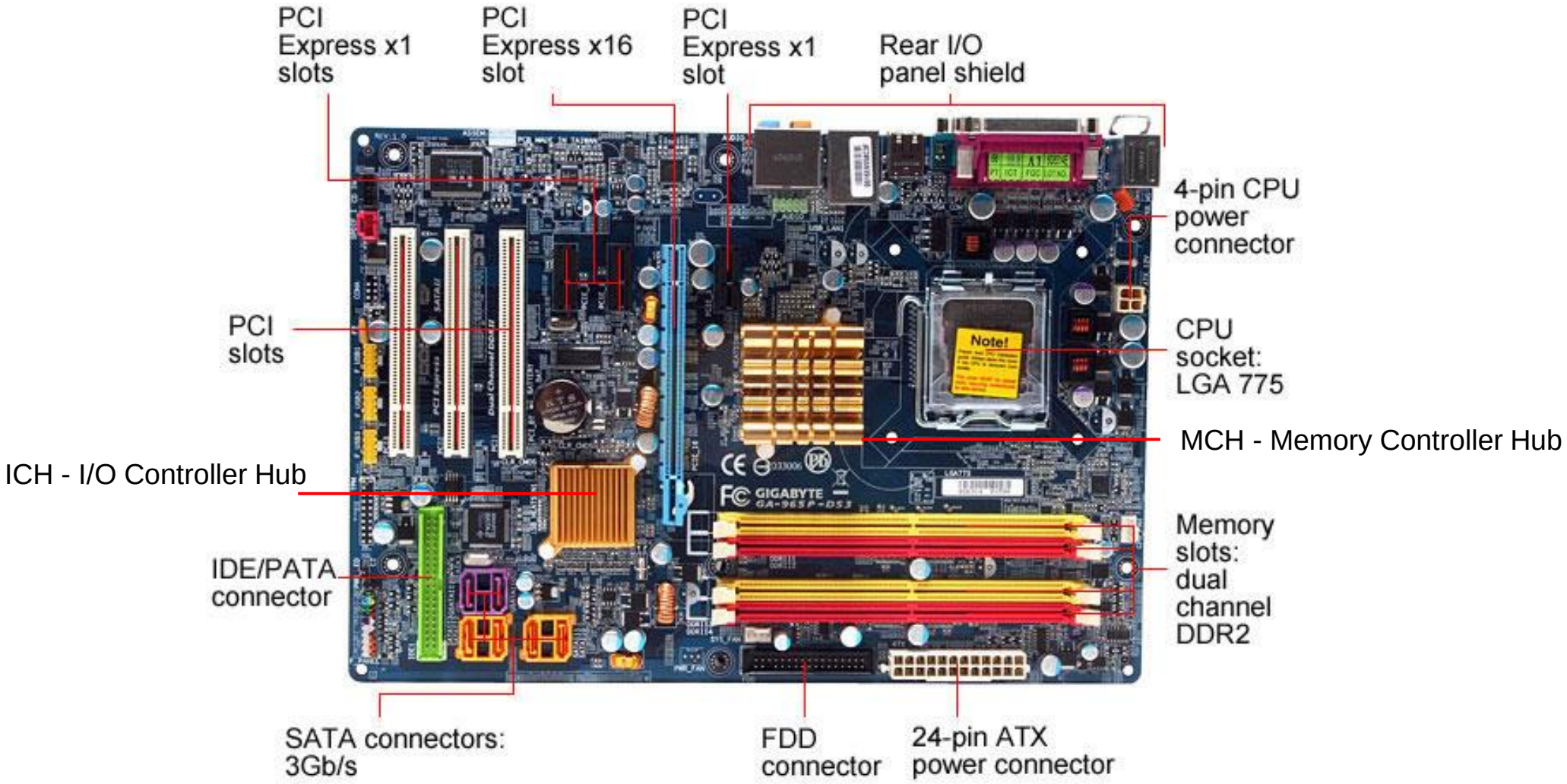
Solid State Drive (SSD)

Optisk disk (CD/DVD)

Grafikk-kort (videoadapter)

PC hovedkort (motherboard)

Tradisjonell (3. gen.) arkitektur



Tradisjonell (3. gen) PC-arkitektur
(IHA - Intel Hub Architecture ca. 1999-2010)

Prosessorbrikke

Switch (I/O Controller Hub)

CPU

INTA

INT

Root Complex
(Graphics and Memory Controller Hub)

64-bits lokal prosessorbuss

PCI Express linker

PCI Express x16

Kontroller for RAM

Minnebuss

RAM

Dual channel

Grafikkbuss

Direct Media Interface (DMI)

PCI Express x1

Ethernet-kontroller

LAN

APIC / 8259A

MC146818 CMOS-klokke

USB-kontroller

8254 Timer

8237 DMA-kontroller

Seriell ATA

Audio Link

Audio Codec

Overgang PCI Express til PCI

IEEE-1394a Firewire

Harddisk CD DVD

LPC
Low Pin Count

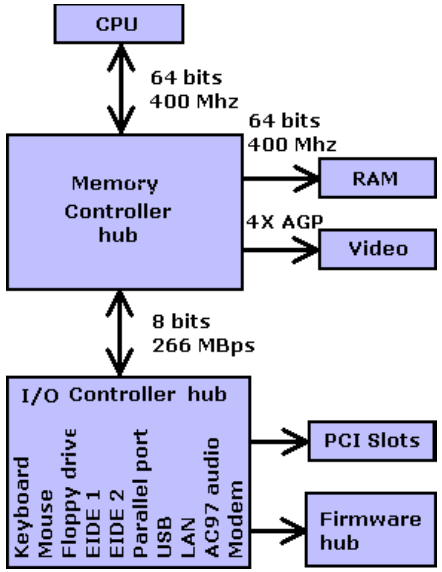
4 bit

PCI-buss

Kontakter for PCI

FLASH BIOS

COM: LPT: PS/2 diskett



IHA brukes i brikkesett-familiene Intel 8xx, 9xx og 3/4

IHA brikkesett på hovedkort:

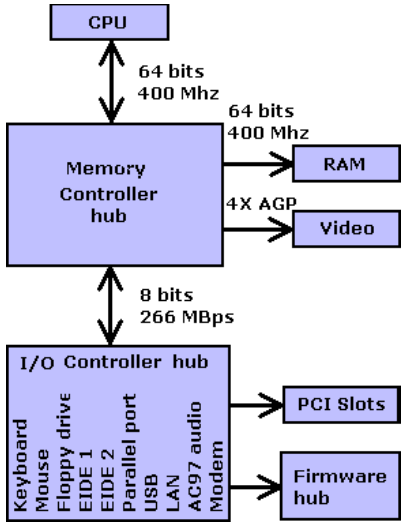
Graphics and Memory Controller Hub (MCH)

- Innholder kontrollere for internminne (RAM), minnebuss og DMI

I/O Controller Hub (ICH)

- Innholder kontrollere for I/O-busser, systembuss m.m.

Tradisjonell (3. gen) PC-arkitektur
(IHA - Intel Hub Architecture ca. 1999-2010)

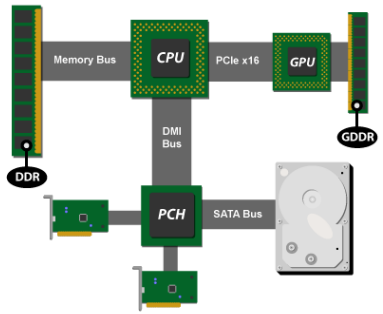


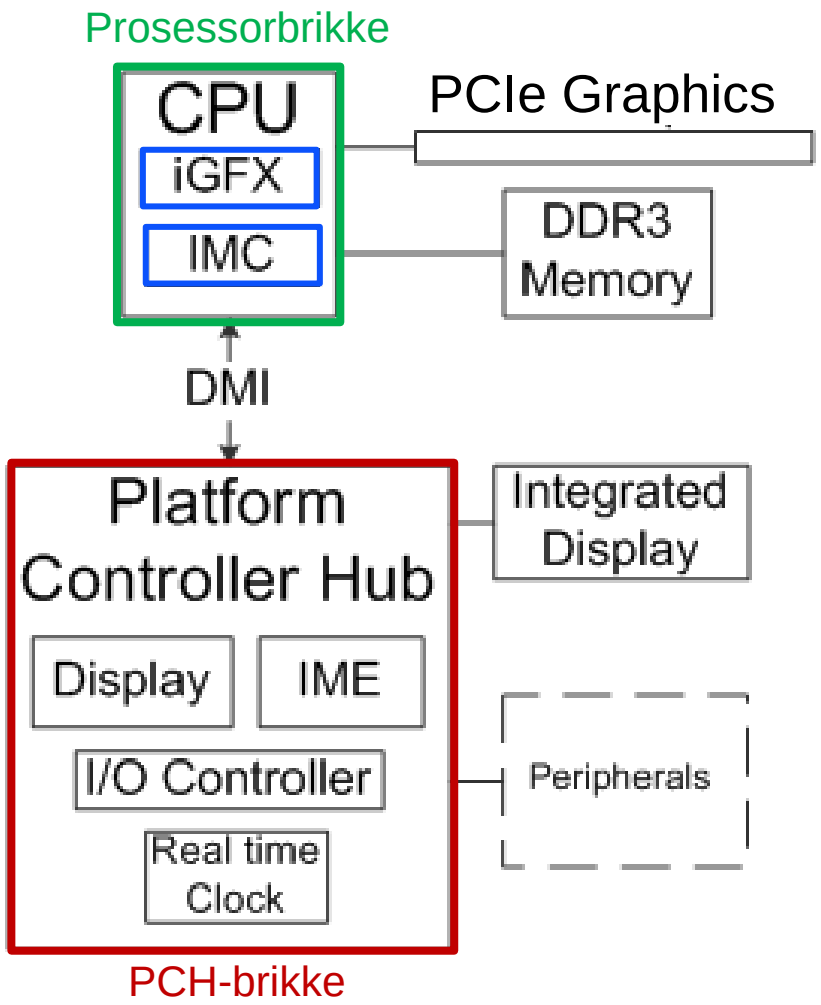
Busser på hovedkort

- **Prosessorbuss**
  - Forbinder prosessoren med resten av maskinen, via Graphics and Memory Controller Hub (MCH)
  - Bussbredde: 64 (eller 32) bits - høy signalfrekvens og bitrate, f.eks 8,5 GB/s
- **Minnebuss**
  - Knytter internminnet (RAM) til minnekontroller i Graphics and Memory Controller Hub (MCH)
  - Bussbredde: 32 eller 64 bits - høy signalfrekvens og bitrate, helst samme signalfrekvens som prosessorbussen
- **Grafikkbuss**
  - Knytter grafikk-/skjermkort til grafikk-kontroller på Graphics and Memory Controller Hub (MCH)
  - Nyere maskiner: PCI Express x16: 8 GB/s, eldre maskiner: PCI eller AGP
- **Direct Media Interface – DMI**
  - Kommunikasjonslink (buss) som forbinder Graphics and Memory Controller Hub (MCH) med I/O Controller Hub (ICH)
  - Benytter Intel-spesifikk teknologi, men har likhetstrekk med PCIe. Høy overføringskapasitet: 1.16 GB/s (DMI 1.0)
- **I/O busser med interne og eksterne kontakter**
  - Knytter inn/ut-enheter til systembussen via I/O Controller Hub
  - Eksempler på bussteknologier:
    - » SATA: 3 GB/s (SATA2) – for HDD / SSD / DVD / CD
    - » USB: 60 MB/s = 480 Mb/sek (USB2)
    - » PCI Express x 1: 500 MB/s
    - » Ethernet nettverk: 0,1 - 10 Gbit/s

- **Systembuss / lokalbuss**
  - Knytter andre interne tilleggskort til ICH
  - Bussteknologi: PCI eller PCI Express (PCIe)

Nyere (4. gen.) PC-arkitektur
(Intel PCH arkitektur fra ca. 2008)





Målsetning:

- tilpasse PC-arkitekturen til raskere CPUer med flere kjerner

Komponenter:

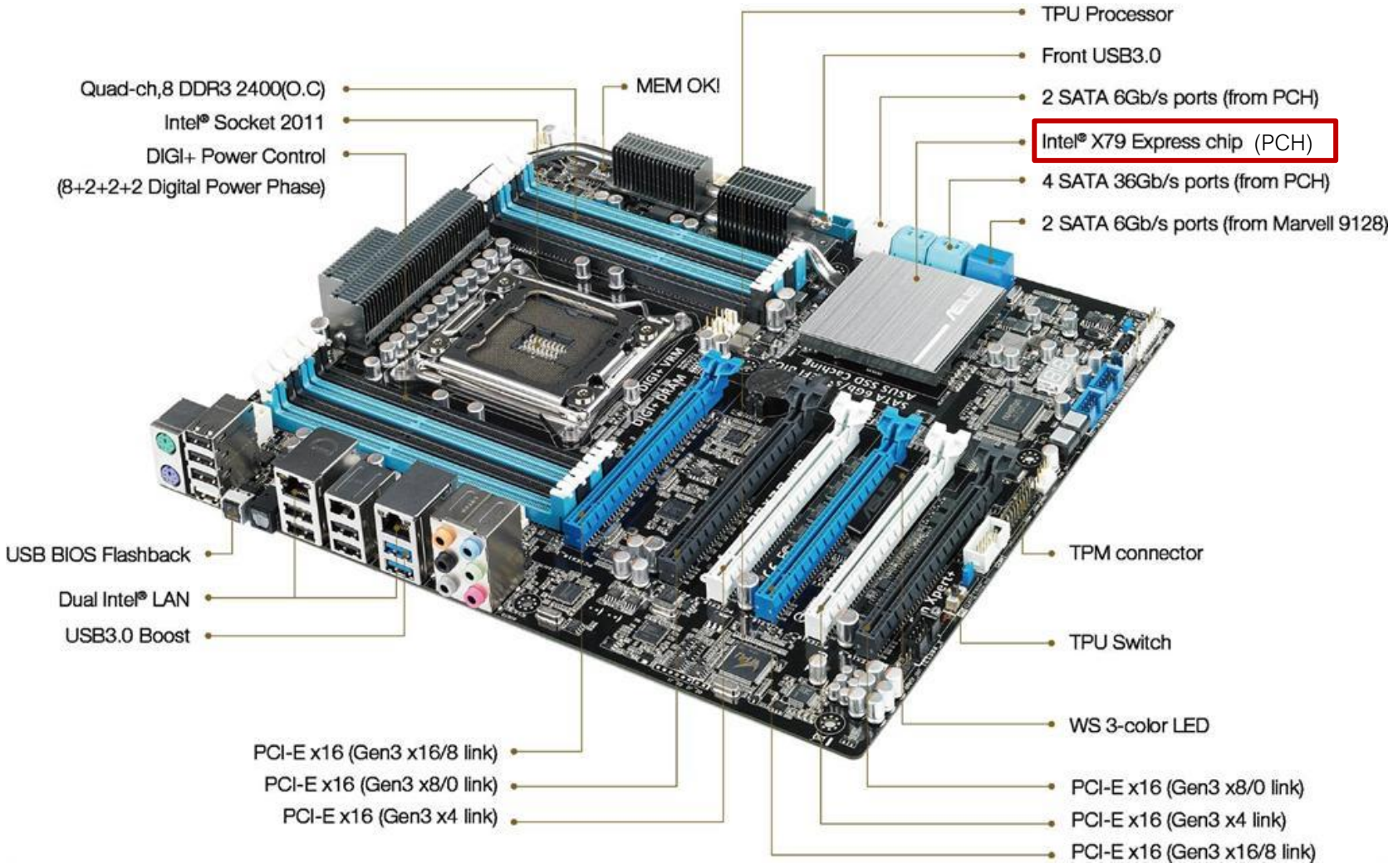
- **Prosessor (CPU)** er koblet direkte til
  - » grafikk-kort via PCIe grafikkbuss.
    - Styres av en **integrert grafikkkontroller (iGFX)** i prosessorbrikken
  - » Internminne (RAM) via minnebuss
    - Styres av en **integrert minnekontroller (IMC)** i prosessorbrikken
- **Direct Media Interface – DMI**
  - » Kommunikasjonslink (buss) som knytter CPU til PCH-brikken
  - » Intel-spesifikk teknologi, men har likhetstrekk med PCIe
  - » Høy overføringskapasitet:
    - DMI 2.0: 2 GB/s (2011)
    - DMI 3.0: 3,9 GB/s (2015)
- **PCH = Platform Controller Hub**
  - » Erstatter I/O Controller Hub (ICH) fra IHA-arkitekturen
  - » Inneholder bl.a. I/O kontrollere for kommunikasjonsporter

I "mobil-CPUer" integreres denne også i CPU-brikken

PCH brukes i Intel 5/6/7/8/9 og 100/200/300 serier brikkesett

- brukes bl.a. med Intels Core i3 / i5 / i7 prosessorer

Asus P9X79 WS hovedkort med PCH arkitektur

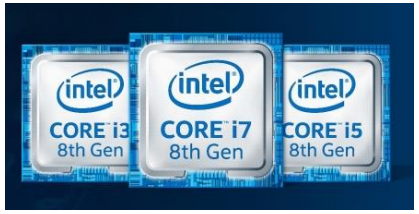


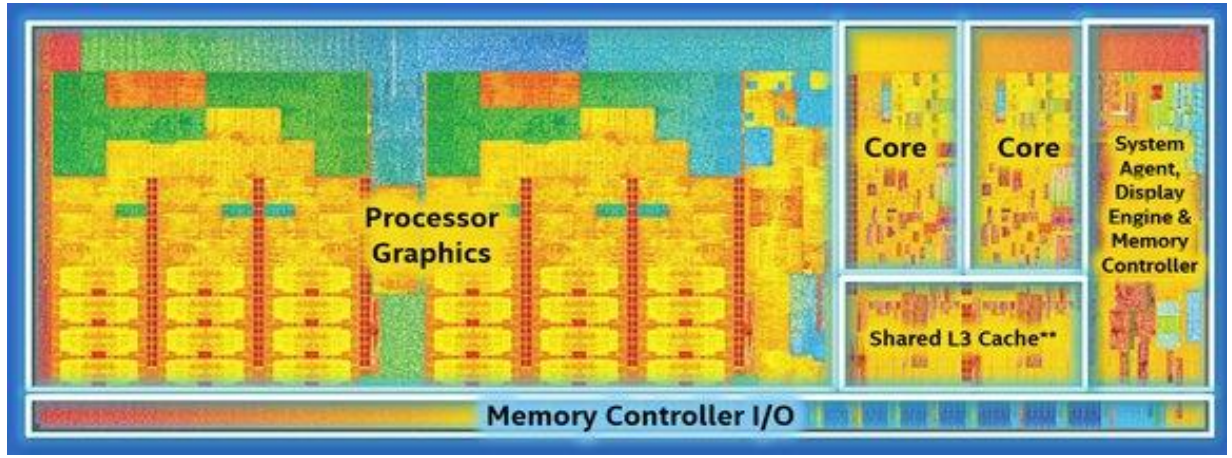
Intel LGA 2011 / X79 brikkesett

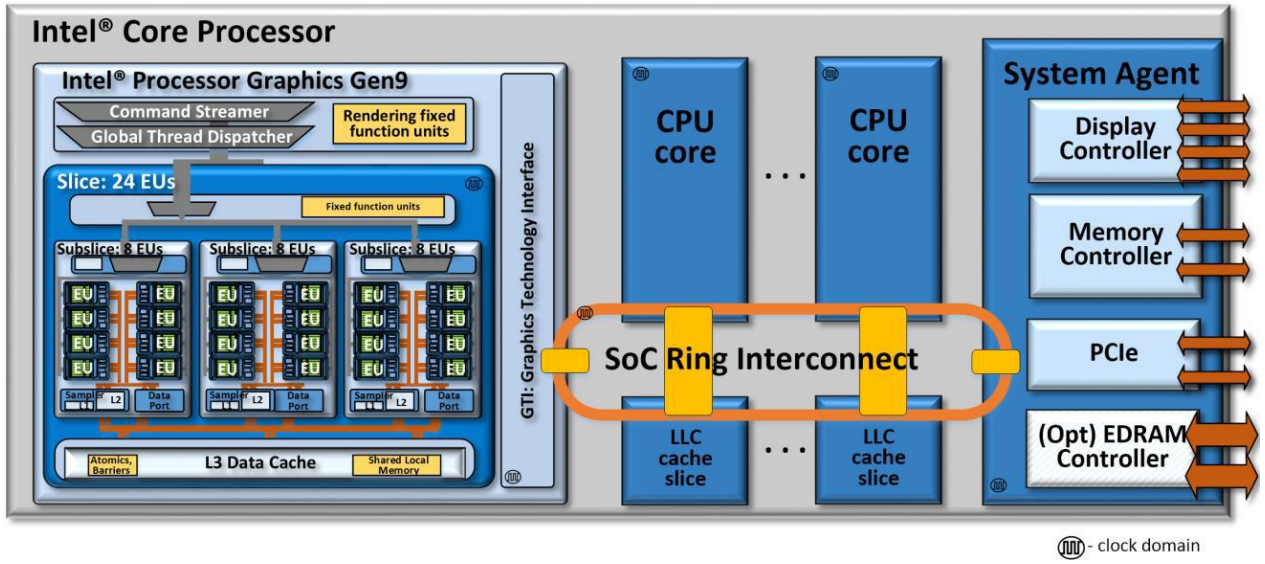
DMI versjon 2.0

Støtter Core i7 / Xeon CPUer

Nye Intel mikroarkitekturer







Haswell 2013 / Broadwell 2014

- CPU, GPU og minnekontroller i samme brikke
  - » Intel HD Graphics 5500 og 6000 grafikk
    - DirectX 12 og 4K-oppløsning
  - » WiFi-kontroller med støtte for IEEE 802.11ac
- Forbedringer
  - » 15 prosent bedre ytelse enn forrige generasjon
  - » strømforbruket redusert med 30 - 50 %
- Brukes i 4. og 5. generasjon av Core i3/i5/i7 og Xeon E5 v3

System On a Chip (SoC) arkitekturer

- De fleste (alle) komponenter integrert i èn brikke!
  - » CPU, GPU, minnekontroller, PCH
  - » Kontrollere for USB, WiFi, Ethernet m.m.
  - » RAM kan plasseres integrert eller eksternt
- SoC Ring Interconnect
  - » Rask buss som forbinder alle delene i SoC brikken
- SoC er drevet fram av strenge krav til plassforbruk i smarttelefoner og andre mobile enheter
- Brukes bl.a. i disse brikkesettene:
  - » Intel Tiger Lake PCH-LP (Intel® 500 Series Chipset)
  - » Intel HM370 Chipset

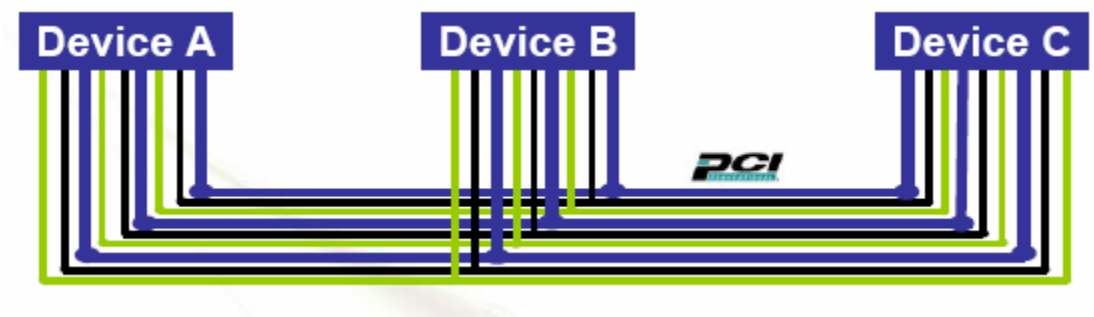
PCI Express (PCIe)

Vanlig i PCer etter ca. 2008

Ny og kraftigere lokalbuss standard

- Erstatter AGP som grafikkbuss i 3. generasjons PC arkitektur fra ca. 2008
  - » Erstatter også PCI, eller brukes sammen med denne
- PCI Express er egentlig <u>ikke</u> en buss, men en full-dupleks, seriell, punkt-til-punkt forbindelse
  - » Hver seriell forbindelse kalles en *bane* (eng: *lane)*
  - » Flere baner kan settes sammen til en *link* og brukes ”i parallell”.

PCI Express
- Punkt-til-punkt
- Seriell
- Full dupleks



PCI
- Buss
- Parallell
- Halv dupleks

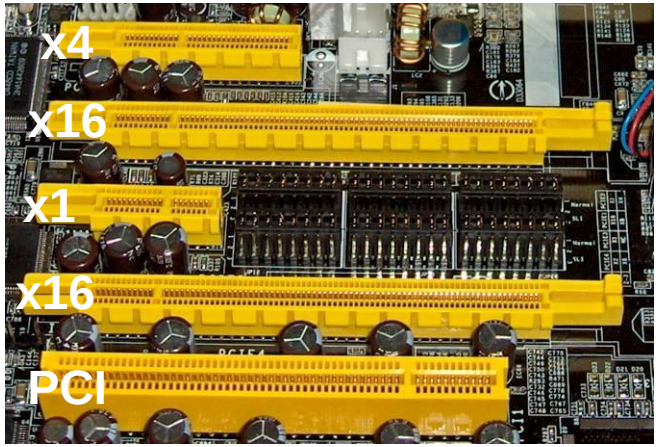
PCI Express (PCIe)

Flere versjoner av PCIe

år: versjon	kapasitet pr.bane*)	signalfrekvens
2003: PCIe v.1.0	250 MB/s	1,25 GHz
2007: PCIe v.2.0	500 MB/s	2,5 GHz
2010: PCIe v.3.0	≈ 1 GB/s	4 GHz
2017: PCIe v.4.0	≈ 2 GB/s	
2019: PCIe v.5.0	≈ 4 GB/s	
2022?: PCIe v.6.0	≈ 8 GB/s	

*) I hver retning

PCIexpress x1

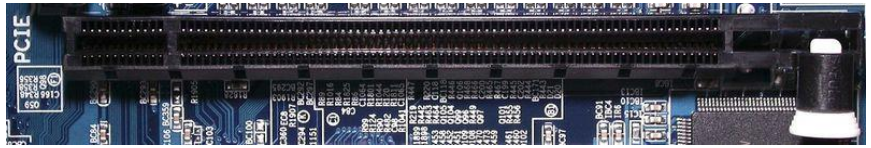


PCI Express kontakter

- Hver PCIe-kontakt kan inneholde flere *baner* (*lanes*):

PCI Express x1	36 pins	1 bane	≈ 2 GB/s (ver 4.0)
PCI Express x4	64 pins	4 baner	≈ 8 GB/s (ver 4.0)
PCI Express x8	98 pins	8 baner	≈ 16 GB/s (ver 4.0)
PCI Express x16	164 pins	16 baner	≈ 32 GB/s (ver 4.0)

- Til grafikk-kort brukes x16 kontakt/buss!



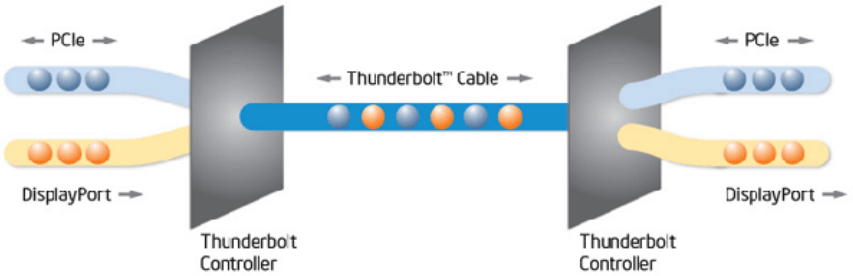
PCI Express x16 kontakt for grafikk-kort

Thunderbolt

Kombinerer (*multiplekser*) flere signaler i èn kabel / kontakt

Inntil 4 PCI Express 2.0 baner (x4)

+ DisplayPort (DP) videosignal
+ 15W / 18V strømforsyning

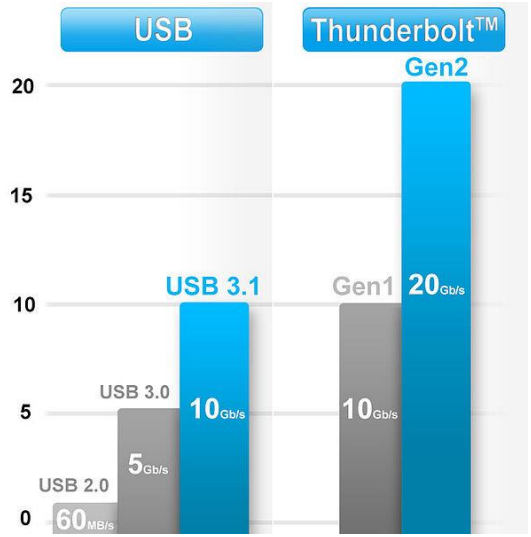


Utviklet fra 2009 av Intel og Apple

- En port kan tilkobles inntil seks enheter
- Max 40 Gbit/s bitrate (TB ver. 3 og 4)
- Max 6 Thunderbolt-enheter pr. port
- Max 1 DisplayPort monitor pr. port

Thunderbolt ver. 1 og 2 bruker samme kontakt som Mini DisplayPort

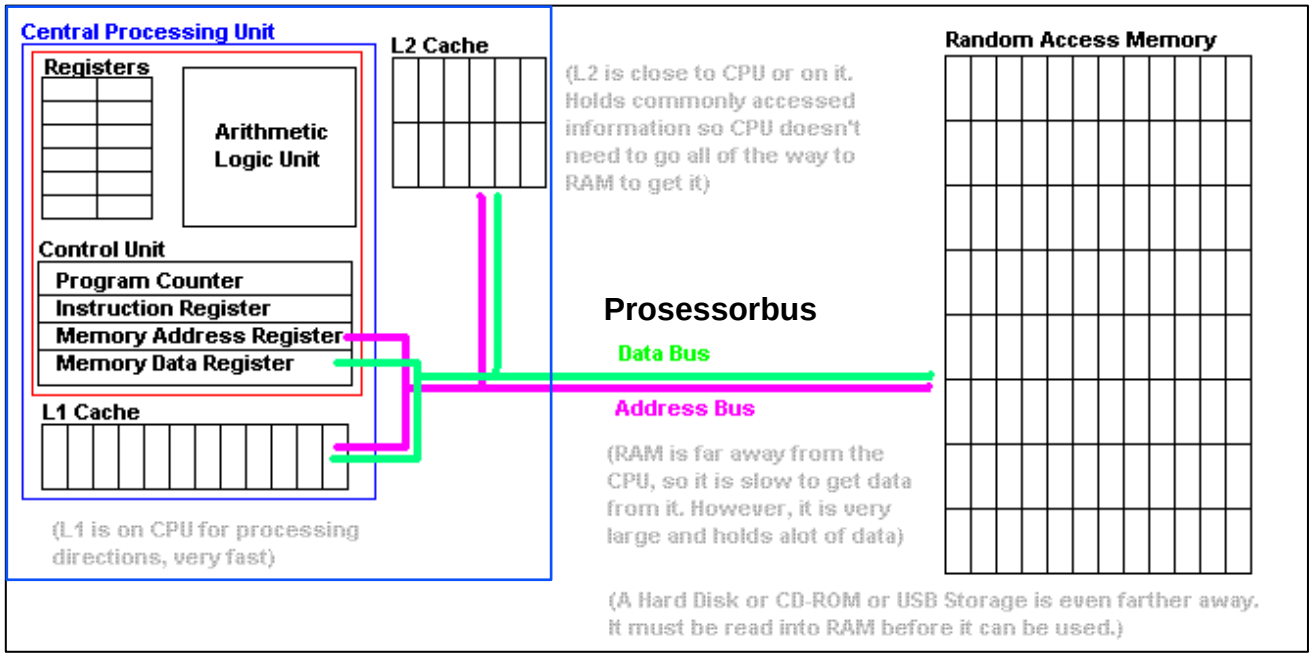
Verson 3 og 4 bruker USB-C



Bruksområder

- Skjerm
- Lagring / disker
- Videokamera / -opptak
- Overganger til andre standarder
- Maks. 3 m for TB 1 og 2 - 0,5 m for TB 3 og 4

Prosessoren - CPU



"32-bits" eller "64-bits" prosessor angir:

- antall bits som kan behandles samtidig av ALU og CU
- antall bit i hvert register (minnecelle)
- antall bit i prosessorbussen (databuss og adressebuss)

De fleste nye prosessorer i dag er 64-bits

Hovedkomponenter og oppgaver:

- **Aritmetic Logic Unit (ALU)**
  - Utfører tallberegninger
- **Controll Unit (CU)**
  - Utfører programinstruksjoner
- **Registere = lagringsplasser for**
  - programinstruksjoner for CU
  - data som skal behandles av ALU og CU
  - minneadresser til RAM
- **Minnebuffere (Cache)**
  - Level 1 (L1): Lite (64kB) minne for rask buffring
  - Level 2 (L2): Noe større (1MB) minne for å bufre data mellom L1 og RAM
  - Level 3 (L3): I nyere prosessorer
- **Prosessorbuss / Front-side buss**
  - overfører data og programinstruksjoner mellom CPU og RAM via minnekontroller og minnebuss

64-bits prosessorer

Behandler 64 bits (8 Bytes) "om gangen":

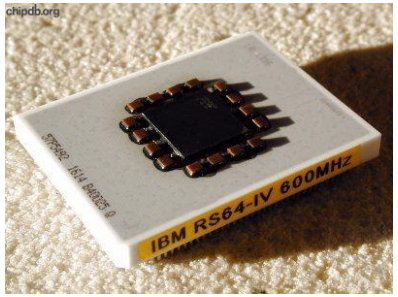
- 64-bits interne registre (data og adresser)
- 64-bits adresse- og databusser (noen har 128-bits databuss!)

Kan adressere direkte 2^{64} minneadresser (bytes)

- Dvs: maks 16 EiB = 16777216 TiB direkte adressert minne (!)

Noen 64-bits prosessorer

1992	DEC Alpha
1997	IBM-Apple-Motorola PowerPC RS64
2001	Intel Itanium IA-64
2003	AMD Opteron og AMD Athlon 64
2004	Intel Xeon
2005	Intel Pentium D
2006	Sony Cell for PlayStation3
2006	Intel Core arkitektur (i3 / i5 / i7 / Xeon)
2010	Intel Nehalem arkitektur (i3 / i5 / i7 / Xeon)
2011	ARMv8-A Cortex-A serien som brukes i:
	2013 Apple A7 SoC for iPhone 5S
	2014 NVIDIA Tegra K1 SoC for Google Nexus 9
	2015 Samsung Exynos 7 SoC for Samsung Galaxy S6



x86-64 / Intel 64

SoC System on a Chip

64-bits operativsystemer

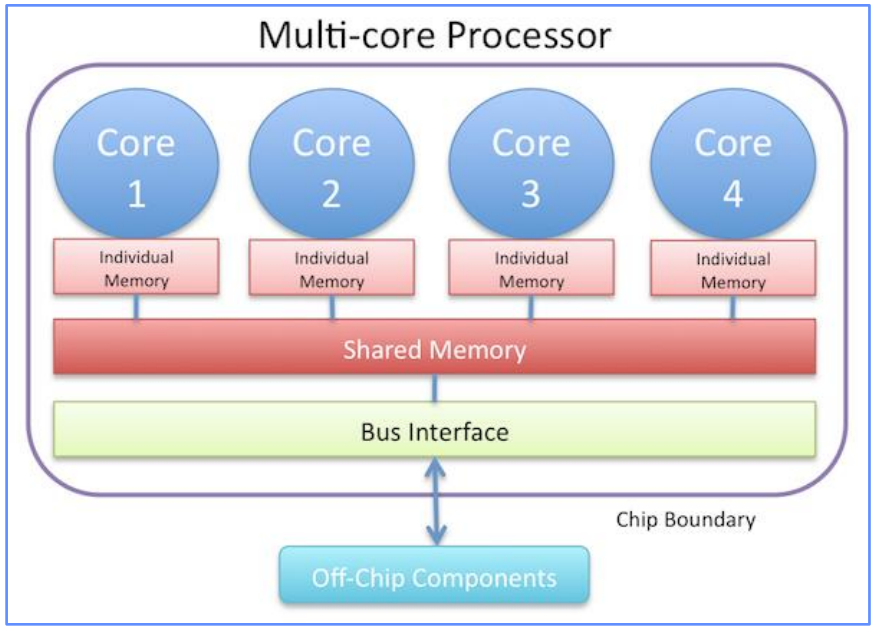
Full utnyttelse av 64-bits prosessor krever et 64-bits operativsystem!

1985	Cray UNICOS for supercomputer - første 64-bits Unix-versjon
1995	DEC Open VMS 7.0 for Alpha 64-bits CPU - første 64-bits Linux
1998	Sun Solaris 7 for UltraSparc 64-bits CPU
2001	**Linux blir første 64-bits OS for Intel x86-64**
2001	**Windows XP 64-bits Edition for Itanium IA-64**
2003	**Apple Mac OS X 10.3 (Panter) 64-bits aritmetikk på PowerPC CPU**
2005	Windows XP Pro x64 Edition & Windows Server 2003 x64 Edition
2005	Apple Mac OS X 10.4 (Tiger) i både 32 og 64 bits versjoner
2009	Windows 7 x64 & Windows Server 2008 x64
2011	**Apple Mac OS X 10.7 (Lion) - kun i 64 bits versjon!**
2012	Windows 8 x64 & Windows Server 2012 x64
2013	**Apple iOS 7 - første 64-bits mobil-OS**
2014	**Android 5.0 Lollipop**
2015	Windows 10 x64
2016	Windows Server 2016 - kun i 64 bits versjon
2017	Apple iOS 11 - kun i 64-bits versjon
2017	Android 8.0 Oreo - kun i 64-bits versjon

Flerkjerneprosessorer

Flere CPU'er (kjerner) i én fysisk brikke

- flere CPU'er på samme integrerte krets (IC)
- eller flere IC'er i én brikke (chip)
- hver sin L1 cache, men felles L2 cache og prosessorbuss



Noen Intel flerkjerneprosessorer for PC / server

2005: Pentium D	2 kjerner	desktop
2006: Core 2 Extreme	4 kjerner	desktop
2007: Xeon Quad Core 2	2 kjerner	server
2009: Xeon 5500 serie		server
2010: Core i3 / i5 / i7	2-10 kjerner	desktop
2011: Xeon E3 / E5 / E7	2-24 kjerner	server

AMD prosessorserier med flere kjerner

Athlon II	2-4 kjerner	desktop
Phenom II	2-16 kjerner	desktop
Opteron	2-16 kjerner	server

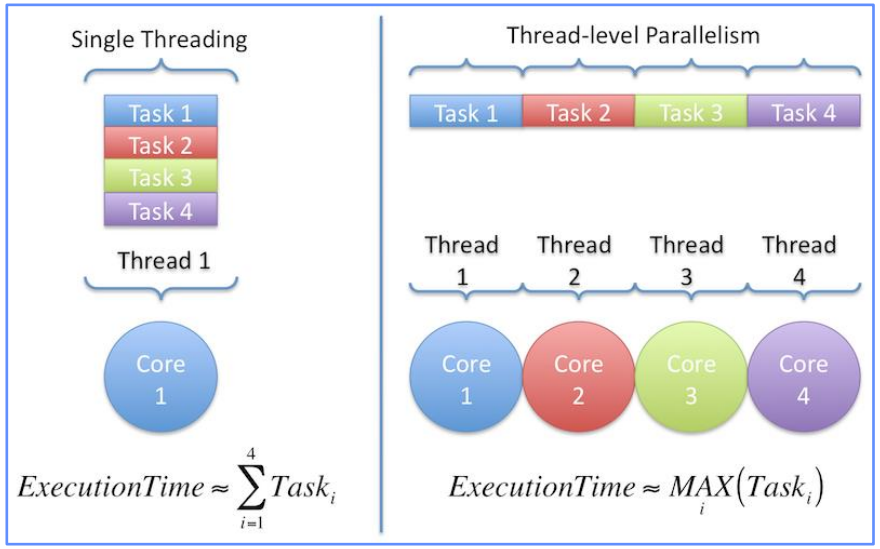
Flerkjerneprosessor for mobil

ARM Cortex-A8	2-8 kjerner	iPhone 6, iPad Air 2
		Samsung Galaxy S4

Parallellprosessering

Enkelprosessering (Single Threading)

- Èn CPU/kjerne kan bare kjøre én oppgave (tråd) om gangen

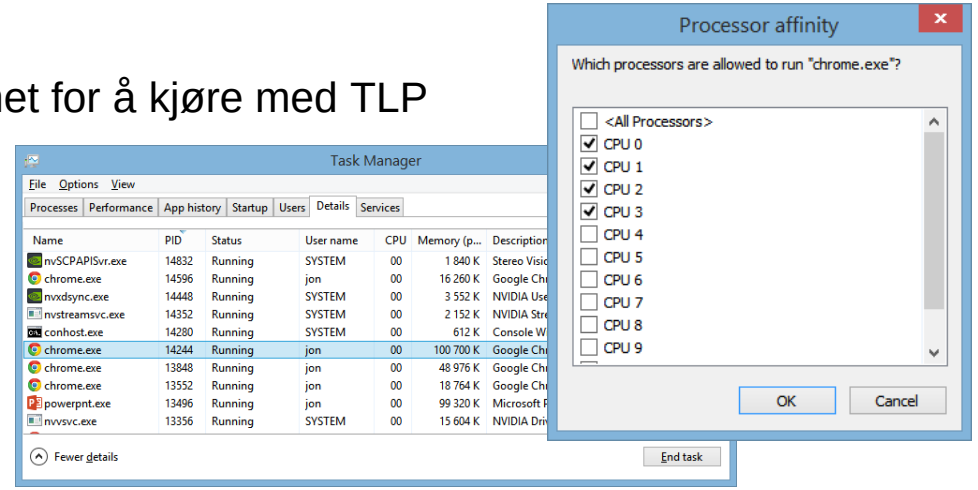


Parallellprosessering (Thread-level Parallelism TLP)

- Flere CPUer (kjerner) kan utføre oppgaver parallelt
- Gir forbedret ytelse hvis OS / applikasjoner støtter det
- Velegnet for servere
  - » Servere kjører mange prosesser/tråder
  - » OS'et fordeler disse på CPU'ene
  - » Tjeneroperativsystemer og f.eks. databasetjenere er velegnet for å kjøre med TLP

Prosessor-affinitet

- Styrer hvilke CPUer (kjerner) hver prosess kan kjøre på
- *Set Affinity* fra Windows Task Manager
- Overstyrer OS'ets fordeling av prosesser / tråder



Internminne / RAM (Random Access Memory)

Lagringskapasitet angis i GB eller TB (egentlig GiB eller TiB)

- Minnebehov i tjenermaskiner avhenger sterk av bruksområde!
- Maks. minnestørrelse for Windows Server: 24 TB (Datacenter og Standard)

Hastighet / overføringskapasitet

- Bestemmes av minnebussens *klokkefrekvens* og *bussbredde*:
- Klokkefrekvens oppgis ofte som "effektiv frekvens", dvs. etter at antall bits pr. puls er hensyntatt

Eldre RAM teknologier

SDRAM	66,100,133,150,166 MHz * 64 bits	= 528 - 1328 MB/s
DRDRAM (Rambus)	800 MHz * 16 bits	= 1600 MB/s = 1,6 GB/s
DDR SDRAM	200-400 MHz * 64 bits	= 1,6 – 3,2 GB/s

Rambus og DDR SDRAM leser/skriver 2 bit pr. klokkepuls (Double Data Rate)

Dvs: Byterate = bussfrekvens * 2 * bussbredde (som vanligvis er 64) / 8 bits pr. byte

Merking av DDR-moduler

- DDR*z*-*xxxx*, f.eks. DDR3-1600, DDR4-3200
  - » *z* = DDR-generasjon
  - » *xxxx* = overføringskapasitet i MB/s for en 64-bits buss i single-channel modus

Moderne RAM teknologier

Fra 2003: DDR2 SDRAM

- Øker busshastigheten i forhold til DDR 1: 200-533 MHz

Standard name	Memory clock	Cycle time	I/O Bus clock	Data transfers per second	Module name	Peak transfer rate
DDR2-400	100 MHz	10 ns	200 MHz	400 Million	PC2-3200	3200 MB/s
DDR2-533	133 MHz	7.5 ns	266 MHz	533 Million	PC2-4200	4266 MB/s
DDR2-667	166 MHz	6 ns	333 MHz	667 Million	PC2-5300[1]	5333 MB/s
DDR2-800	200 MHz	5 ns	400 MHz	800 Million	PC2-6400	6400 MB/s
DDR2-1066	266 MHz	3.75 ns	533 MHz	1066 Million	PC2-8500	8533 MB/s

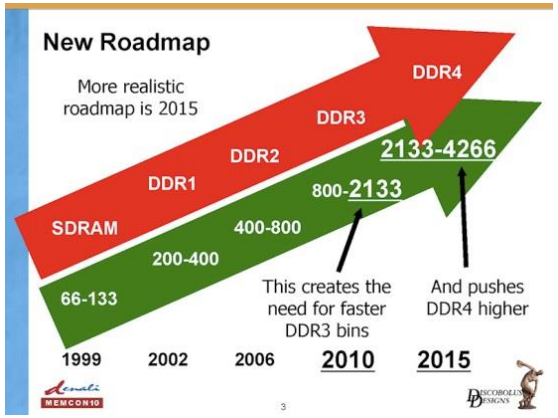
Fra 2007: DDR3 SDRAM

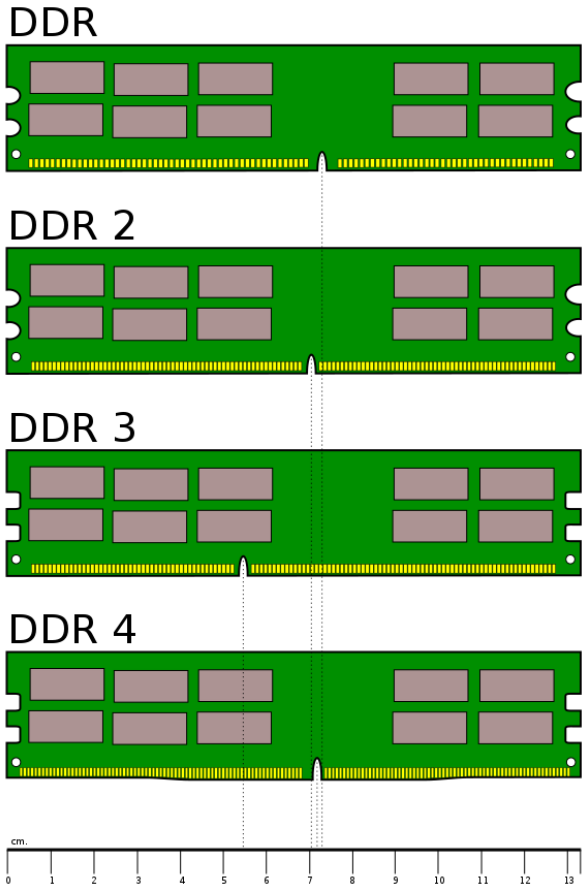
- Dobler bussfrekvensen i forhold til DDR2: 400-800MHz
- Lavere strømforbruk og mindre varmeutvikling gir inntil 16 GiB pr. minnemodul (DIMM)

Standard name	Memory clock	Cycle time	I/O Bus clock	Data transfers per second	Module name	Peak transfer rate
DDR3-800	100 MHz	10 ns	400 MHz	800 Million	PC3-6400	6400 MB/s
DDR3-1066	133 MHz	7.5 ns	533 MHz	1066 Million	PC3-8500	8533 MB/s
DDR3-1333	166 MHz	6 ns	667 MHz	1333 Million	PC3-10600	10667 MB/s[4]
DDR3-1600	200 MHz	5 ns	800 MHz	1600 Million	PC3-12800	12800 MB/s

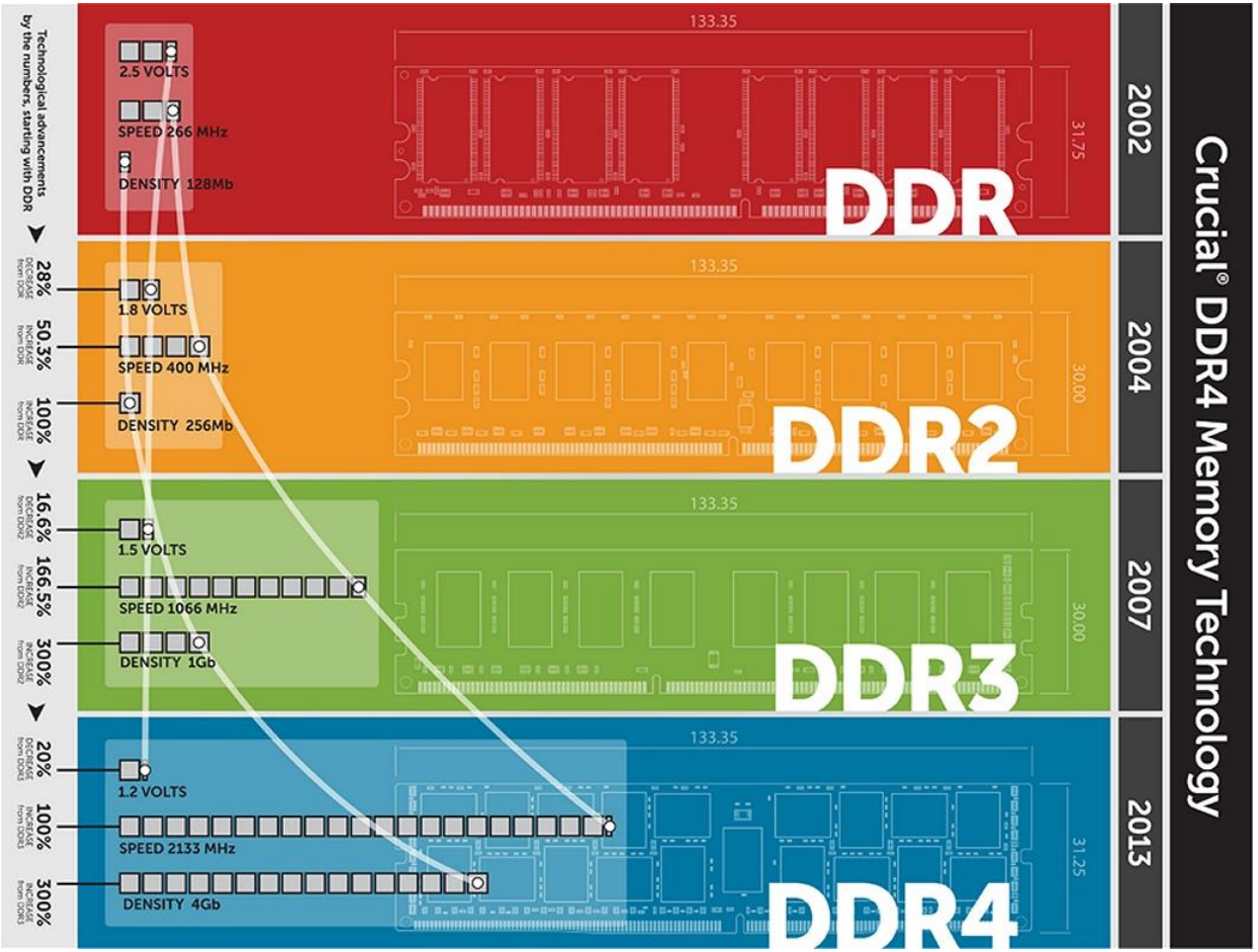
Fra 2014: DDR4 SDRAM

- Enda høyere bussfrekvens enn DDR3: 800-1600 MHz gir 12.800-25.600 MB/s
- Høyere modultetthet og lavere spenningsnivåer gir:
  - » mindre varmeutvikling / kjølebehov
  - » inntil 64 GiB pr. minnemodul (DIMM)





DDR utvikling



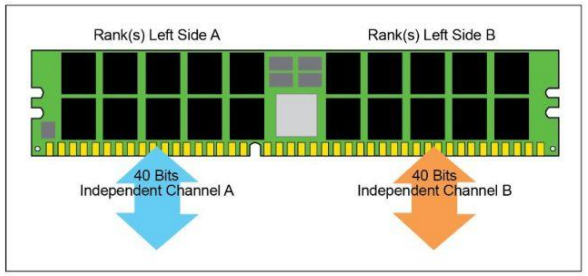
Utvikling av DDR1 → DDR4

- Reduksjon av signalspenning (2,5 V → 1.2 V)
  - » gir redusert strømforbruk
- Økt signalfrekvens (266 MHz → 3133 MHz)
  - » gir økt bitrate og kortere aksesstid
- Økt lagringstetthet (128 Mb → 4 Gb pr. chip)
  - » gir mer lagringskapasitet pr. minnemodul (DIMM)

DDR5 SDRAM

- Spesifikasjon var klar i juli 2020
  - » 1.1 V spenning
  - » To parallelle datakanaler
  - » 51,2 GB/s overføringskapasitet pr modul
- Intels nyere CPU-arkitekturer (*Sapphire Rapids*) vil trolig støtte DDR5 fra 2021(?), og AMD fra 2022?

Kilde: https://en.wikipedia.org/wiki/DDR5_SDRAM



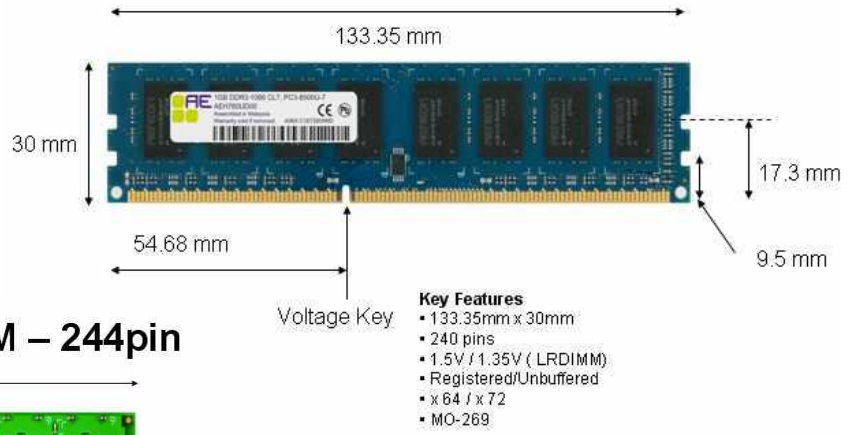
DDR5 minnemodul

Form-faktor for RAM

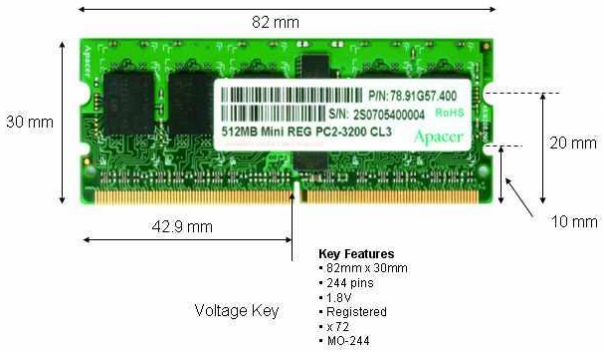
Betegner fysisk utforming av minnemodulene

- **Single-Inline Memory Module (SIMM)**
  - Utdatert - bare brukt i eldre minnemoduler for 32-bits busser
  - 8 bits / 30 pinner eller 32 bits / 72 pinners kontakt
- **Dual-Inline Memory Module (DIMM)**
  - Mest vanlige formfaktor i dag for desktop- og servermaskiner
  - For 64- bits minnebuss, mange varianter:
  - 184-288 pinner DDR2-DDR4
- **Mini Dual-Inline Memory Module (MiniDIMM)**
  - Mest vanlige formfaktor i dag for desktop- og servermaskiner
- **Small-Outline Dual-Inline Memory Module (SO-DIMM)**
  - DIMM med mindre fysisk størrelse - for bærbare maskiner
  - 200-260 pinner for DDR2-DDR4
- **Micro Dual-Inline Memory Module (MicroDIMM)**
  - Minste fysisk formfaktor pr i dag (2017) - for bærbare maskiner
  - 172-260 pinner for DDR2-DDR4
- **Rambus Inline Memory Module (RIMM og SO-RIMM)**
  - Brukes til Rambus DRDRAM for hight-end maskiner og servere
  - Minnechipene er beskyttet mot varme med metaldeksel

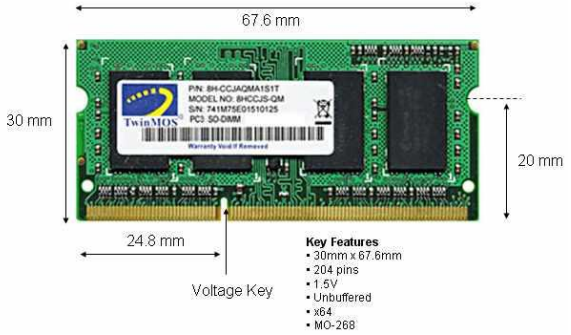
DDR3 DIMM – 240pin



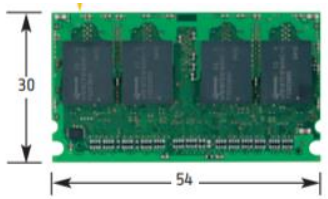
DDR2 Mini-DIMM – 244pin



DDR3 SODIMM – 204pin

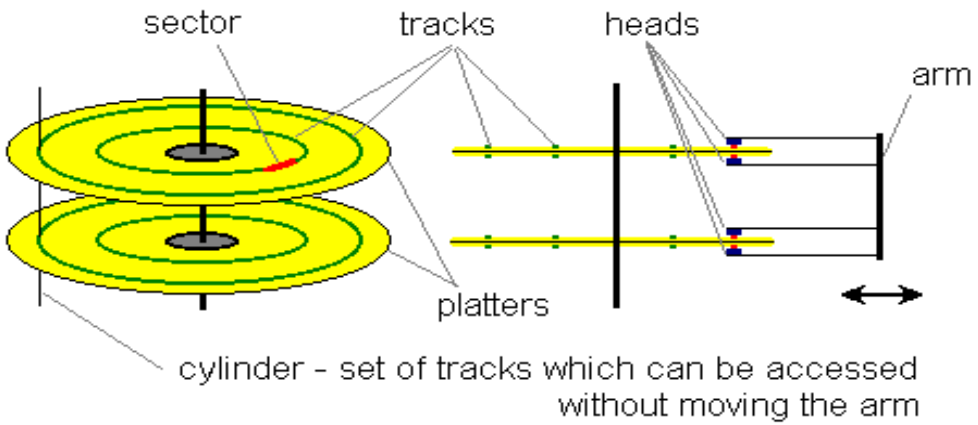


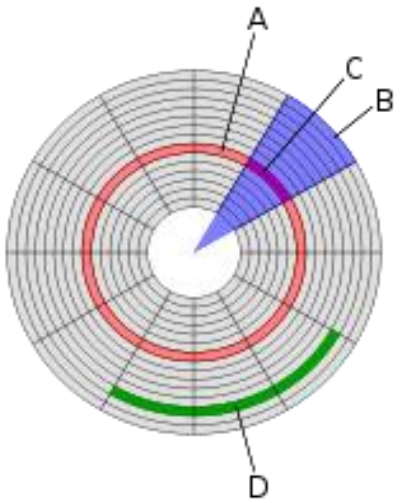
MikroDIMM



RIMM

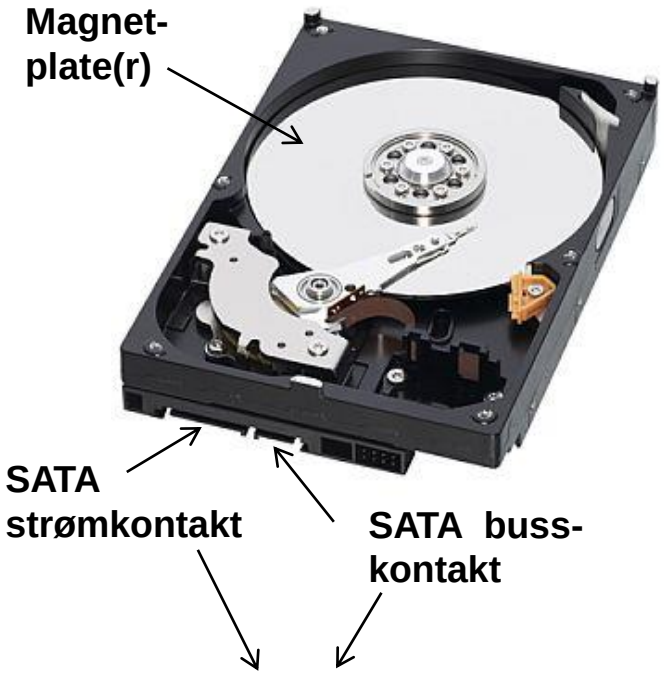
Harddisker (HDD)





A – Spor (track)
B – Sektor (geometrisk sektor)
C – Sporsektor (track sector)
D – Klynge (cluster)

3,5 " SATA hard disk drive HDD



Harddisker (HDD)

Oppbygning

- Består av flere ***magnetplater*** (*platters*) der data lagres
- Hver plate har to ***sider*** (*sides*)
- Hver plate er delt inn i flere ***spor*** (*tracks*)
- Hvert spor er delt inn i ***sektorer*** (*track sectors*)
- ***Lesehoder*** *(heads)*, skriver og leser data
- ***Skrivearmen*** flytter lesehodene mellom sporene
- Data lagres i ***klynger*** (*clusters*) av sammenhengende sektorer
  - » Klyngestørrelse bestemmes ved formattering (512 B – 64 kB)
  - » Operativsystemet leser/skriver data i hele klynger (minste enhet)
  - » Alle filer består av et antall klynger (minst én)
- Spor som ligger <u>over hverandre</u> på hver sine plater kalles en ***sylinder*** (*cylinder*)
  - » Antall sylindre = antall spor på hver plate

Form-faktor = fysisk størrelse

3,5 og 2,5 er mest vanlige formfaktorer i PC

- 3,5” – vanlig i stasjonære PCer
- 2,5” – vanlig i mobile PC’er og spillkonsoller (PS3, Xbox)
- 1,8” – i diskbaserte iPod’er (nå erstattet med flashminne)

Solid State Disker (SSD)

Disk uten "bevegelige deler"

- Bruker flashminne i stedet for roterende magnetplater

Vesentlig raskere enn HDD

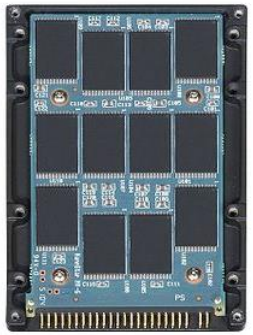
- ingen bevegelige deler

Ca. 2-3 ganger så dyr som HDD (pr. lagringsplass)

ca. 1000-1500 kr. for 1 TB 2,5" SATA SSD

ca. 500 kr. for 1 TB 3,5" SATA HDD

Vanlig harddisk HDD

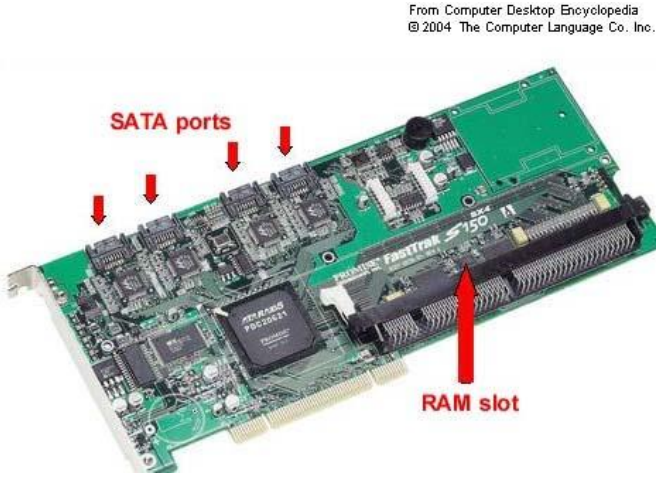


Solid State Disk (flashminne) SSD

Diskkontroller og eksterne disker

Diskkontroller

- Elektronikk som styrer harddiskens bevegelser og dataoverføring
- Harddisken kobles til kontrolleren via en I/O buss (IDE, SATA eller SCSI)
- Kontrolleren knytter I/O bussen til PCens systembuss
- Plassering:
  - » innebygget på hovedkortet
  - » som eget ekspansjonskort
  - » innebygget på disken



4-ports diskkontroller

Eksterne disker

- Harddisk plassert i egen separat "boks" utenfor maskinen,
- Tilkoblet med ekstern kabel (f.eks. USB eller eSATA)

Ekstern disk med USB

Faktorer som styrer ”hastighet” på disker

HDD: Diskens rotasjonshastighet

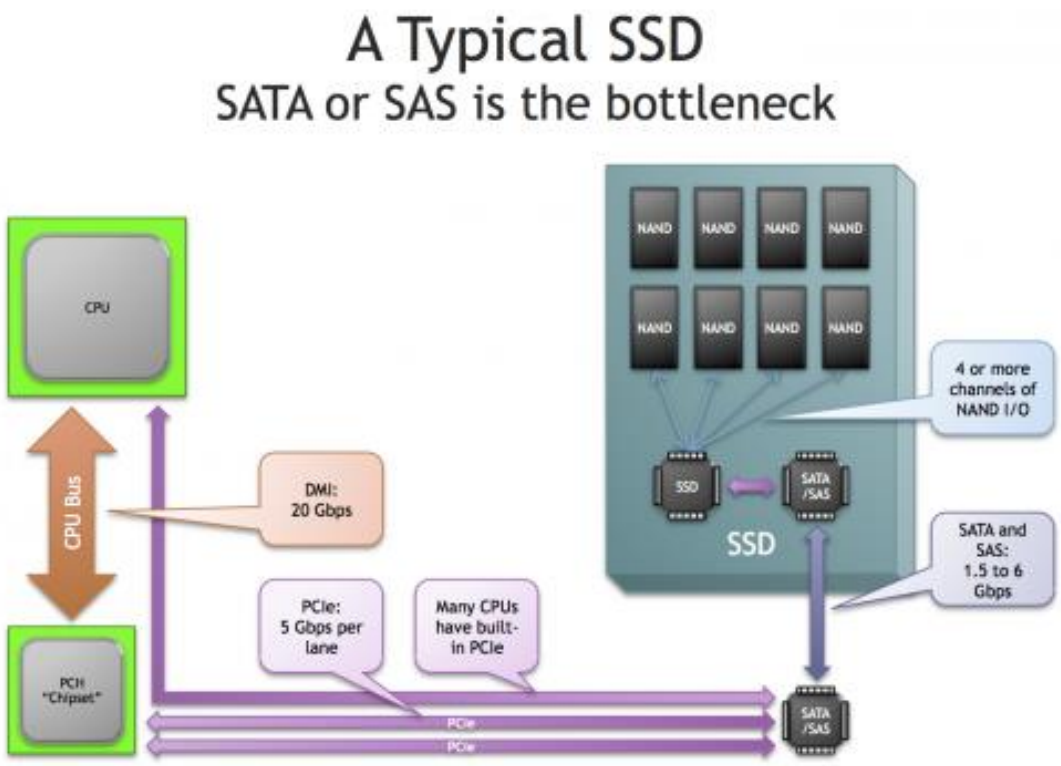
- Disker for bærbare ca. 4.200 – 7.200 RPM
- Vanlige PC disker ca. 7.200 – 10.800 RPM
- Raske serverdisker ca. 10.000 – 15.000 RPM
- DVD 630 - 1530 RPM

Søketiden (Seek time)

- Tiden det tar å posisjonere lese-/skrivehodet + vente til rett sektor passerer
- HDD ca. 3 – 15 ms (millisekunder)
- SSD ca. 0.1 ms (ingen bevegelige deler)

I/O bussens overføringshastighet (mellom disken og diskkontroller/CPU)

- SATA-3 600 MB/s
- SAS-3 1200 MB/s
- FibreChannel 1600 MB/s
- PCIex4 4000 MB/s



SATA bussen

Vanlig i PC etter ca. 2008

SATA = Seriell ATA

- Seriell kommunikasjonbuss for lagringsenheter
- Erstatter eldre IDE/PATA-buss i 3. gen. PC arkitektur
- P2P: Kun én diskenhet pr. kabel!
- 7 ledere, maks. 1 m. 2 signal-par, 0,5V signalspenning
- 8 mm ”wafer” plugg
- Spesifiserer også en egen strømplugg

SATA datakabel

SATA strømkabel

Hovedmål: oppnå større overføringskapasitet (bitrate)

- Bruker langt høyere klokkefrekvens enn den eldre IDE / ATA
- Derfor blir bitraten større enn IDE, selv med seriell overføring (1 bit "om gangen”)
- Sender 10 bits pr. databyte (80% utnyttelse av bitraten)

SATA-generasjoner:

2003: SATA 1 1,5 GHz → 1,5 Gbit/s → effektivt: 1,2 Gbit/s = 150 MB/s

2005: SATA 2 3,0 GHz → 3,0 Gbit/s → effektivt: 2,4 Gbit/s = 300 MB/s

» Raskere enn lesehastigheten på de beste HDDene, men lavere enn SSD!

2009: SATA 3 6,0 GHz, → 6,0 Gbit/s → effektivt: 4,8 Gbit/s = 600 MB/s

» Nyttig der flere disker skal kommunisere på samme buss og for SSD

2013: SATA 3.2 = SATA Express = PCI Express 3.0 x 2 = 16Gbit/s = 2 GB/s

2020: SATA 3.5 (mindre forbedringer)

Det blir trolig ingen SATA 4 fordi PCI Express / NVMe nå overtar.

SATA bussen

Bruksområder

- Tilkobling av disker i PC
  - » De fleste har innebygget SATA kontrollere på hovedkortet

eSATA - External SATA

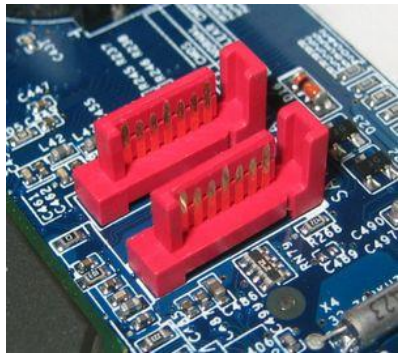
- Seriell ATA for tilkobling av eksterne SATA disker
- Følger de ”vanlige” SATA standardene
- Maks kabellengde 2 meter
- Litt andre plugger/kontakter
- Krever vanligvis et eSATA - PCI adapter
  - » Nye PCer har eSATA kontakt på hovedkortet

eSATAp

- eSATA med strømforsyning (power) i bussen

SATA og eSATA er ment for PC og hjemme-markedet

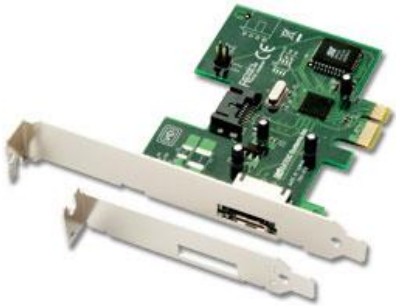
- I tjenermaskiner benyttes mest SCSI og SAS



SATA kontakter på hovedkort

SATA disk

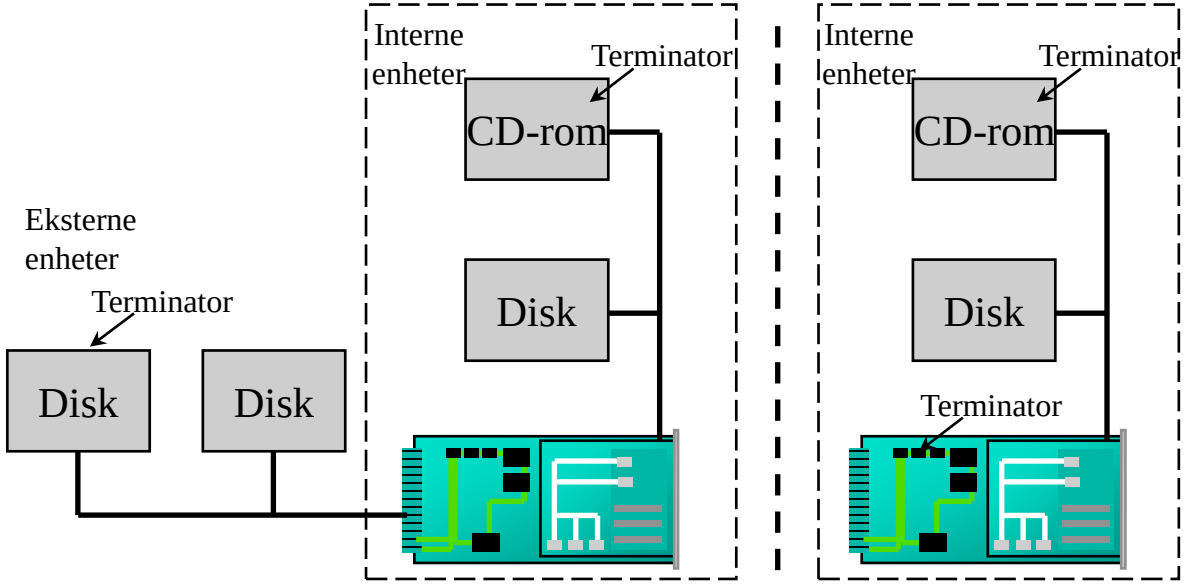
eSATA port på hovedkort

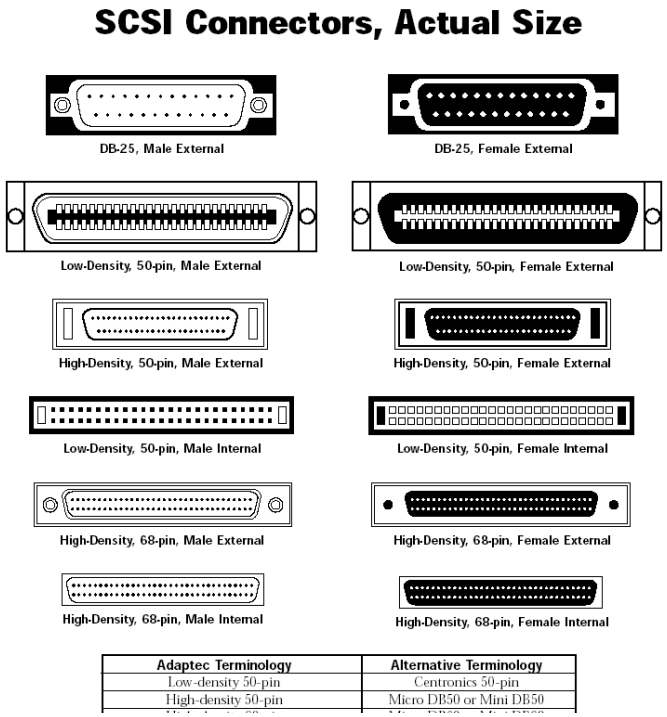


eSATA kort PCI og PCMCIA

SCSI bussen

Vanlig i servere og Mac-maskiner før 1999





SCSI kontrollerkort

SCSI kabel

SCSI diskkabinett

SCSI bussen

SCSI = Small Computer System Interface

- Litt misvisende siden SCSI brukes mest i store tjenermaskiner! ☺

Parallell buss

- Kan ha inntil 8, 16 eller 32 enheter på samme buss
  - » Hver enhet må gis et nummer: SCSI ID. (Konfigureres med brytere/jumpere)
- Støtter flere ulike enheter på samme buss
  - » Harddisker, CD-ROM, skanner, skriver, tapestasjoner m.m

Obs!
Alle enheter på samme buss deler på kapasiteten

Trafikken på bussen styres av en SCSI-kontroller

- Eget ekspansjonskort, eller integrert på hovedkortet
- Obs! Kontrollerkortet har sin egen prosessor!
  - » Avlaster maskinens hovedprosessor
  - » Øker ytelsen ved I/O operasjoner vesentlig

SCSI standarden har utviklet seg over tid

- Mange varianter - forskjellene går mest på overføringskapasitet

Nye SATA standarder er like raske, men

- I tjenere benyttes helst SCSI disker
- Skyldes at SCSI benytter kontroller med egen prosessor!

Eldre SCSI standarder

Standard	bussbredde	kl.frekvens	bitrate		enheter
SCSI-1	8-bit	5 MHz	40 Mbit/s	5 MB/s	1
SCSI-2					
– Wide SCSI	16-bit	5MHz	80 Mbit/s	10 MB/s	
– Fast SCSI	8-bit	10 MHz	80 Mbit/s	10 MB/s	8
– Fast Wide SCSI	16-bit	10 MHz	160 Mbit/s	20 MB/s	16
SCSI-3					
– Ultra SCSI	8-bit	20 MHz	160 Mbit/s	20 MB/s	8/4
– Ultra Wide SCSI	16-bit	20 MHz	320 Mbit/s	40 MB/s	4/8/16
– Ultra2 SCSI	8-bit	40 MHz	320 Mbit/s	40 MB/s	8
– Ultra2 Wide SCSI	16-bit	40 MHz	640 Mbit/s	80 MB/s	16
– Ultra3 SCSI	16-bit	40 MHz *	1280 Mbit/s	160 MB/s	16
– Ultra320 SCSI	16-bit	80 MHz *	2560 Mbit/s	320 MB/s	16
– Ultra640 SCSI	16-bit	160 MHz*	5120 Mbit/s	640 MB/s	16

* = DDR Double Data Rate (2 bits pr. klokkepuls)

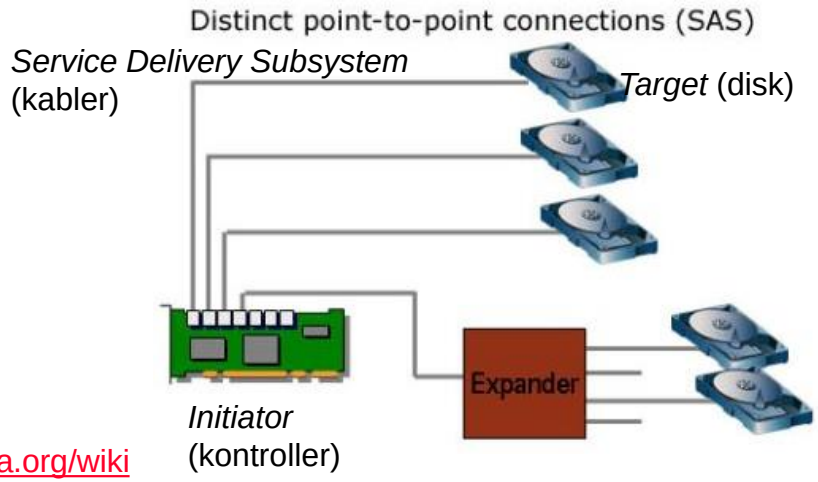
Nye serielle SCSI standarder

Brukes i moderne server- og diskløsninger

Serial Attached SCSI (SAS)

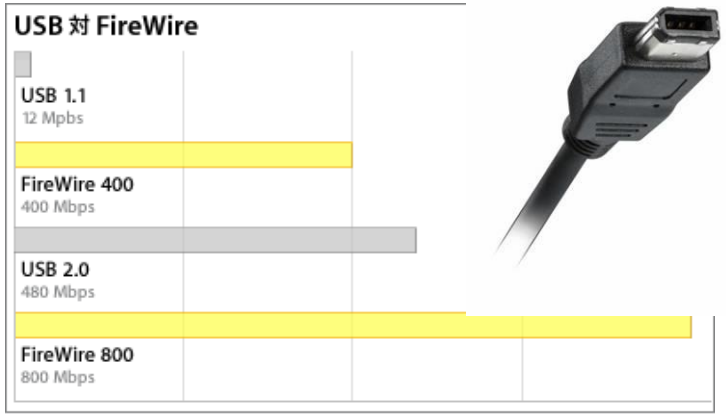
- Seriell versjon av SCSI
- Punkt-til-punkt basert
- Tre versjoner:
  - » SAS1 3 GHz 2,4 Gbit/s 3
  - » SAS2 6 GHz 4,8 Gbit/s 600 MB/s (2009)
  - » SAS3 12 GHz 9,6 Gbit/s 1200 MB/s (2012)
  - » SAS4 24 GHz (2017)
  - » SAS5 Under utvikling
- Kompatibel med SATA disker
  - » Samme fysiske kontakter
  - » SATA2 disker kan kobles til SAS kontroller, men ikke omvendt.
- Beregnet for store lagringssystemer
- Max. 10 m kabellengde og 16.256 enheter
  - » Høyere signalspenning (0,8-1,6V) enn SATA

Les mer her: https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Attached_SCSI



FireWire (IEEE 1394)

- Seriell SCSI versjon for periferiutstyr
- 400 og 800 Mbit/s
- 1600 / 3200 Mbit/s er standardisert, men få produkter tilgjengelig



NVM Express (NVMe) disker

Non-Volatile Memory Host Controller Interface Specification (NVMHCI)

- Nytt logisk interface for å aksessere flashminne (SSD disker) via **PCI Express** som I/O-buss
  - » NVMe erstatter den eldre AHCI standarden (*Advanced Host Controller Interface*)
  - » Unytter hastighet og parallellitet bedre i flashminnet
  - » Gir redusert I/O-overhead og bedre ytelse
- **PCI Express erstatter nå SATA / SAS-bussene som I/O buss !**
  - » men: NVMe kan også brukes med SATA og USB bussene

Les mer her:
https://en.wikipedia.org/wiki/NVM_Express

Flere ulike fysiske formater / kontakter

- Standard PCIe-kort (x4)
- U.2 2,5" SATA Express
- M.2

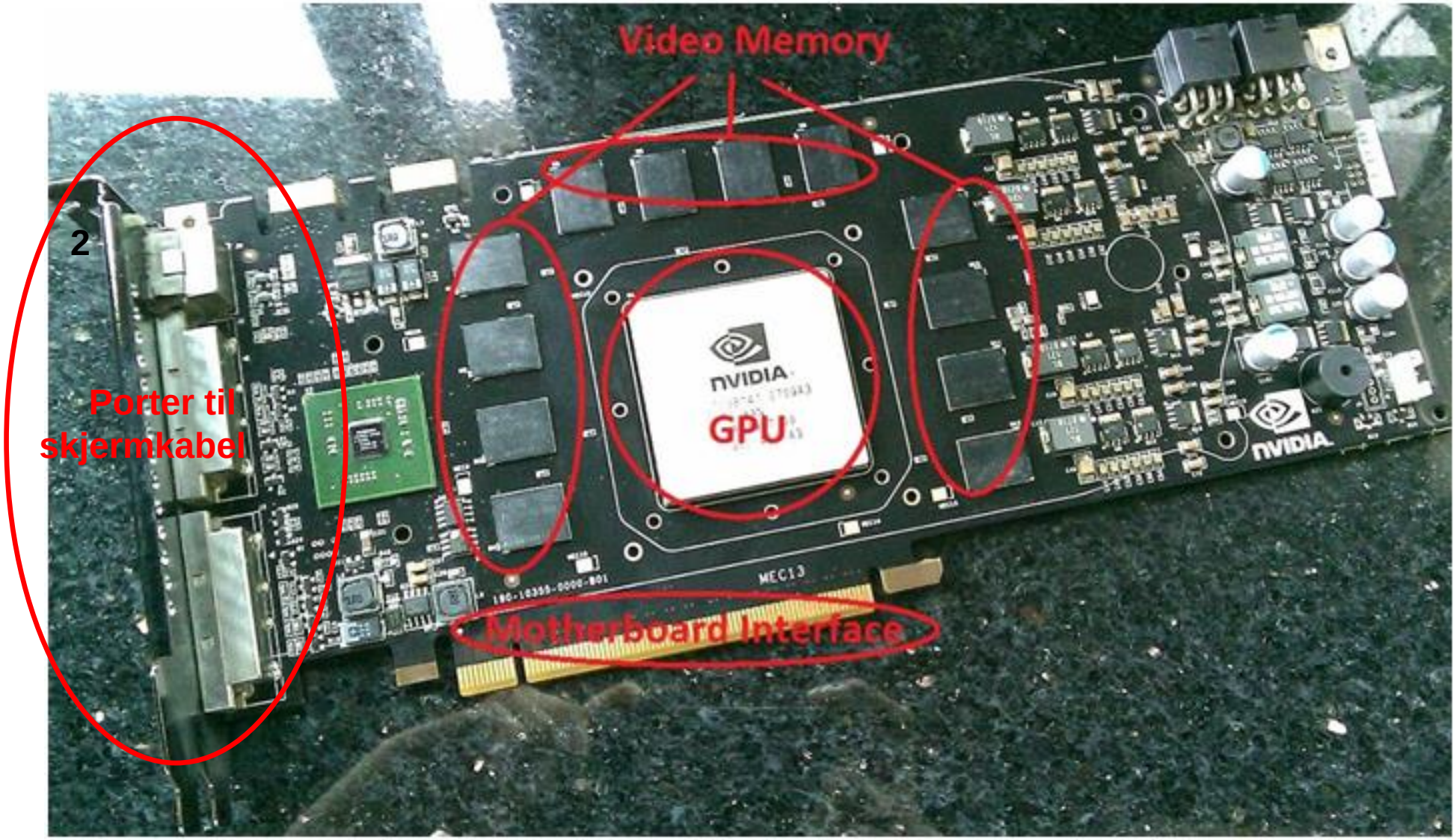
Standard PCIe SSD-kort

NVMe M.2 SSD

Aktuelle bruksområder

- Bootdisk med OS i PCer
- Bootdisk med hypervisor i store servere som kjører virtuelle maskiner fra nettverksdisker (SAN)

Skjermkort / videokort / grafikkort



Skjermkort / videokort / grafikkort

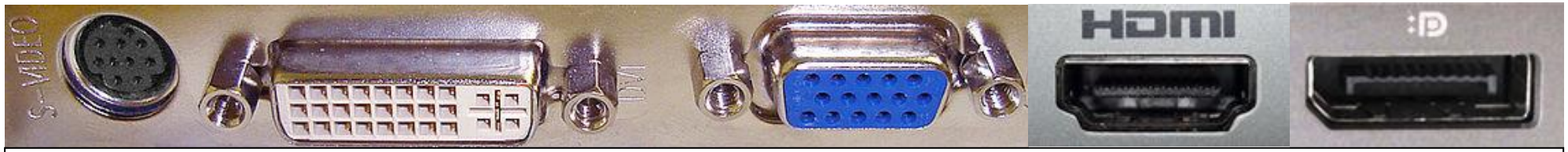
Oppgaver

- Lagre informasjon som skal vises på skjerm
- Tegne ("rendre") skjermbildet, bl.a. beregne pikselverdier i hvert punkt
- Lagre skjermbildet (pikselverdier)

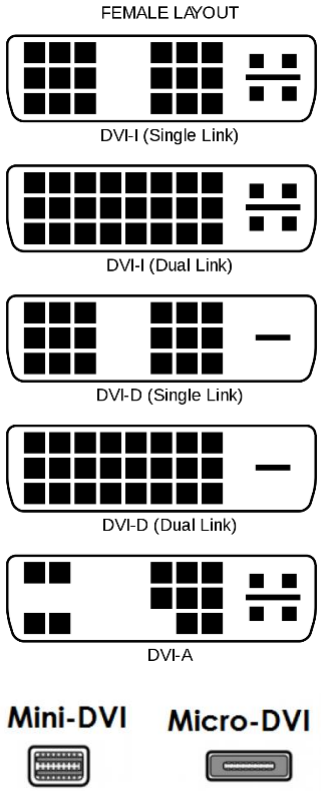
Hovedkomponenter

- Grafikkprosessor – GPU
  - » Prosessor som er spesiallaget for å behandle bildedata i videominnet og generere (*rendre*) skjermbilder
  - » Vanligvis flere prosessorkjerner som jobber parallelt
  - » To store produsenter - men mange lager kort basert på deres GPUer
    - NVIDIA - f.eks. GeForce og Quadro serien
    - ATI Technologies – f.eks. Radeon og Firepro serien
- Videominne (VRAM)
  - » Typisk størrelse i nyere videokort: 2 – 64 GB
  - » Lagrer (digital) informasjon som skal vises på skjermen - input til GPU
  - » Lagrer resultatet av rendringen (pikselverdier) – output fra GPU

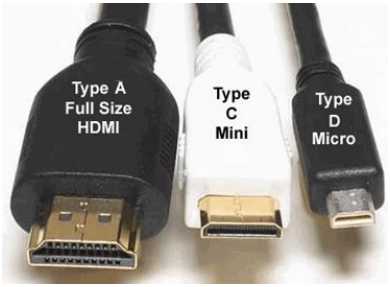
Signaloverføring mellom skjermkort og skjerm



S-video	DVI	VGA	HDMI	DisplayPort



Passivt VGA til DVI adapter



USB Type-C
kan også brukes til
HDMI og DP signaler

Thunderbolt
på Mini Displayport

Overføring mellom skjermkort og skjerm

Skjermbildet kan overføres med analoge eller digitale videosignaler:

- Med analog videosignaler skjer digital-til-analog-konvertering skjermkortet
- Med digitale videosignaler overføres piksler "direkte" fra skjermkort til skjerm

- **VGA Video Graphics Array (D-sub)**
  - Analogt signal – utsatt for elektromagnetisk støy og feil
- **DVI Digital Visual Interface**
  - Digitalt og/eller analogt signal - designet for flatskjermer
- **HDMI High-Definition Multimedia Interface**
  - Digital overføring av bilde og lyd
  - Opprinnelig tilpasset TV / video - brukes også i moderne bærbare PCer og skjermkort
- **DP DisplayPort**
  - Digital overføring primært beregnet for overføring av skjermbilde, men kan også overføre lyd og data (USB)
  - Bakoverkompatibel med VGA og DVI ved hjelp av adaptere / overganger
- **Thunderbolt (1, 2 og 3)**
  - Utviklet av Intel sammen med Apple. Brukes mye på Mac – etterhvert også på PCer
  - Kombinerer DisplayPort signaler, PCI Express og strømforsyning i èn kabel
  - TB 1 & 2 bruker Mini Displayport plugger/porter, mens TB 3 bruker USB-C

Det finnes tre typer DVI kontakter:

- DVI-I kombinerer digitale* og analoge signaler i samme kontakt
- DVI-D har kun digitale* signaler
- DVI-A har kun analogt signal

* DVI-I og DVI-D kan innenholde ett eller to digitale signaler (linker)