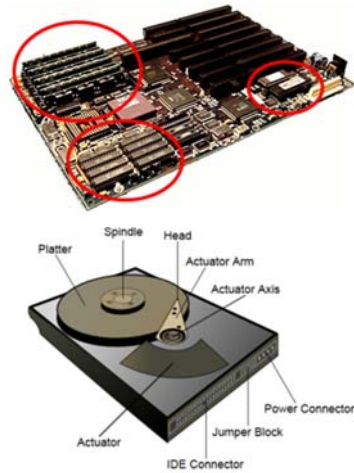


Minnessystem

Minneshierarki, minnestyper och teknologier



Minnesshierarki

“Ideally one would desire an indefinitely large memory capacity such that any particular ... word would be immediately available. ... We are ... forced to recognize the possibility of constructing a hierarchy of memories, each of which has greater capacity than the preceding but which is less quickly accessible”.

A. W. Burks, H. H. Goldstine, and J. von Neumann

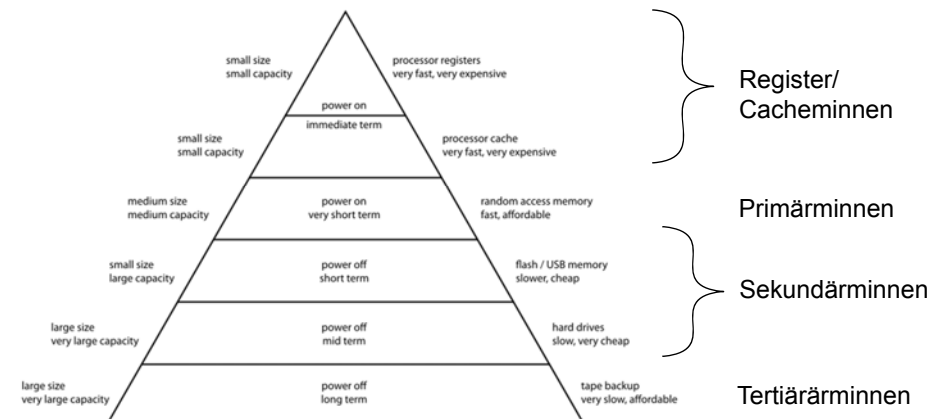
Preliminary Discussion of the Logical Design of an Electronic Computing Instrument (1946)

Flyktigt eller icke flyktigt – huvudsakliga egenskaper

- Minnet är icke flyktigt (Non Volatile) om innehållet är det samma efter ett spänningsbortfall.
- Alla andra minnen flyktiga (Volatile)

Minnesshierarki

Computer Memory Hierarchy



Ju snabbare åtkomst, desto högre pris/bit.

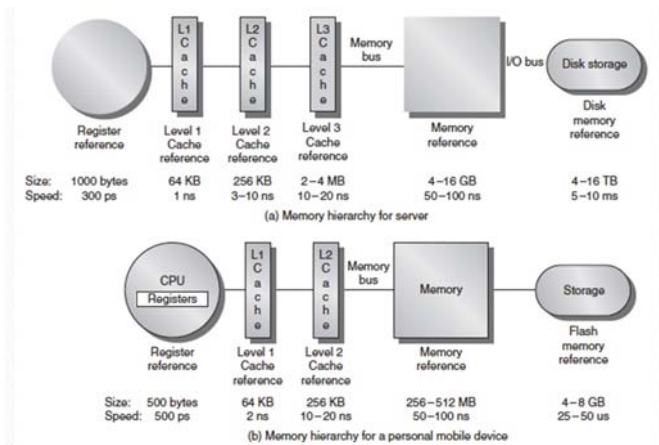
Register/
Cacheminnen

Primärminnen

Sekundärminnen

Tertiärminnen

Minneshierarki -exempel

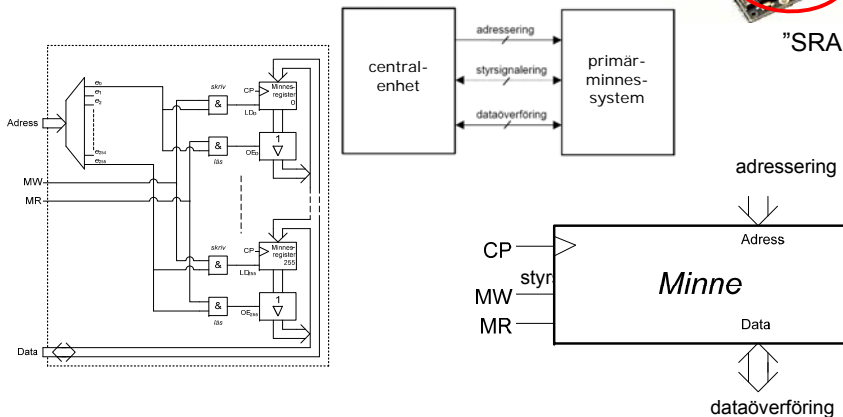
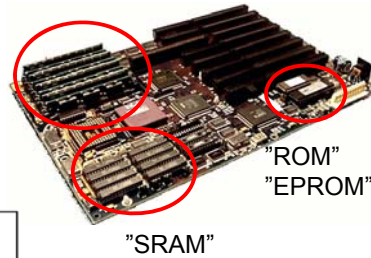


Huvudtyper – Random, block och sequential access

- Primärminnen
S-RAM, D-RAM, ROM, EPROM
"Random Access"
- Sekundärminnen
SSD (Solid State Drive)
Hårddisk
Flexskiveenheten
"Block Access"
- Tertiärminnen
Bandstationer
Optiska lagringsmedia
"Sequential Access"

Random Access Memory (RAM)

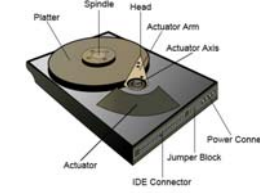
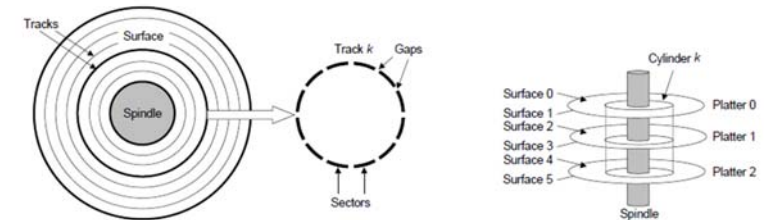
Alla minnets delar har samma åtkomsttid. "DRAM"



Block Access Memory

Åtkomsttid:
"spin up" + söktid(spår) + rotera fram rätt sektor + överför block till primärminne.

Roterande skivor



Block Access Memory

FLASH-minnen

"USB-minne"
standardiserat
seriellt gränssnitt



Åtkomsttid:
Beror på – gränssnitt.
Begränsat eftersom data nås efter ett begränsat antal operationer



"Minneskort"
olika enkla
parallella
gränssnitt



"Solid State Drive"
standardiserat gränssnitt
som kan ersätta
"roterande skivor"

Sequential Access Memory

Åtkomsttid ej förutsägbar:

Man måste söka upp rätt data sekventiellt.
Det finns ingen direkt "block-sök" algoritm för dessa media.

Åtkomsttiden är inte begränsad eftersom man potentiellt måste följa många anvisningar innan data har hittats.



Teknologier – en historisk återblick

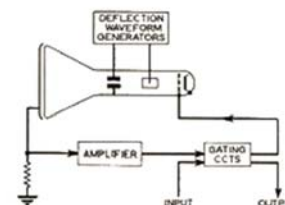
- Skriv/läs-minnen, kallas ibland "dataminne"
 - Williamstubb
 - Kvicksilver (Univac)
 - Kärnminnen
 - Halvledarminnen, SRAM/DRAM
- Läs-minnen, kallas ibland "Programminne"
 - Halvledarminne, ROM
 - Halvledarminne, EPROM
 - Halvledarminne, FLASH

"Williamstubb", 1946-1950

Första "random access" minnet

Bilden visar 32 st. 40-bitars ord och en 20-bitars sidadress
(Ferranti Mark I)

Elektronstrålens efterlysning (minnestid) c:a 0,2 sek.
Metallplatta framför skapar "kondensator" för varje minnesbit.

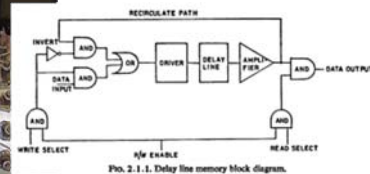


Lagrad nolla
Lagrad etta

Kvicksilverminne – 1951

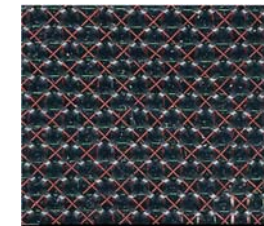
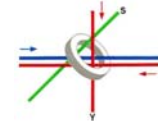
Minnesfunktionen bygger på mekanisk fördröjning av signalen ("delay line").

- I UNIVAC 1 användes 7 tuber för att lagra totalt 1000 st. 35-bitars ord.
- Medelaccessstiden var c:a 222 mikrosekunder



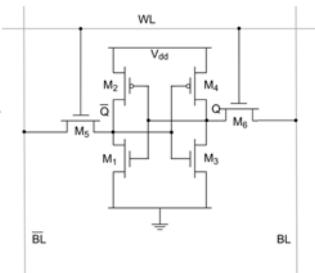
Kärnminne c:a 1955-1975

Skrivström, läsström – riktning anger lagrad nolla eller etta



Halvledarminnen 1966

Statiskt RAM (SRAM) 6 transistorer/bit

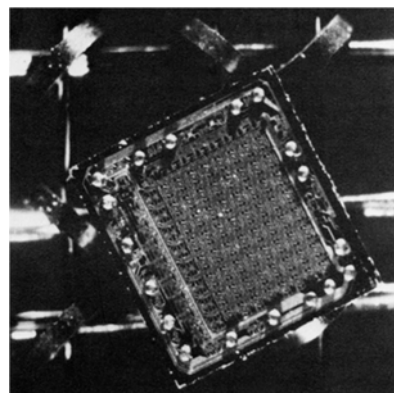


WL = 1, väljer denna cell. (M₅ och M₆ leder). Minneselementet har två stabila tillstånd:
 BL=1 och BL' = 0 → "1"
 BL=0 och BL' = 1 → "0"
 (Jämför med SR-latch)

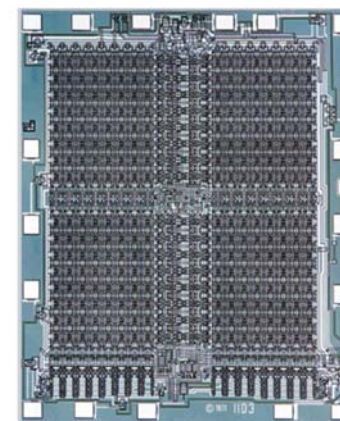


256-bit TTL RAM (Fairchild)

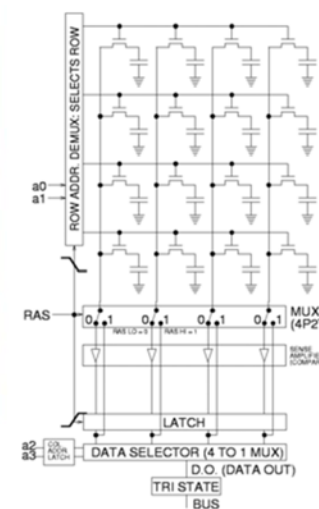
128-bit RAM (IBM System/360 Model 145 primärminne) jämförd med kärnminne.



Dynamiskt RAM (DRAM) 1970

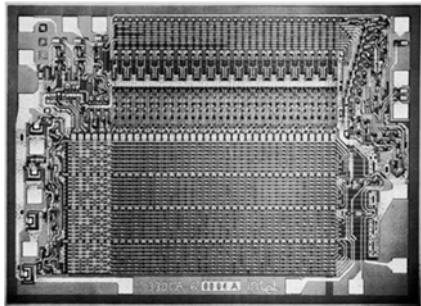


Intel i1103 1024-bit Dynamiskt RAM

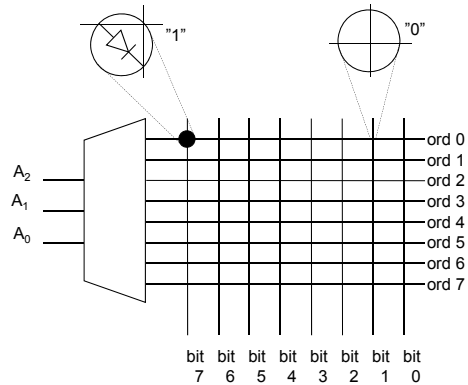


Endast en transistor krävs för att lagra en bit. Kräver "refresh" eftersom kondensatorn laddas ur efter hand. (Jämför med Wiliamstuben)

ROM (1965)

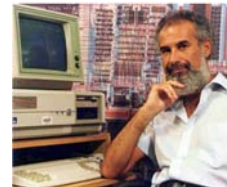


Intel 3301, 1024-bit ROM

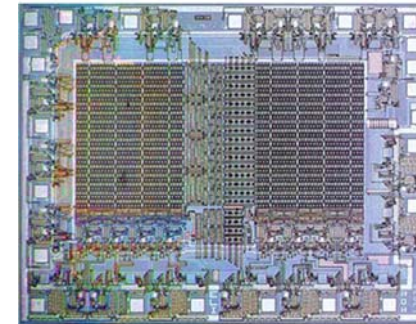


Dioder (ettor) placeras i diodmatrisens skärningar vid tillverkningsprocessen, "mask-programmerade"

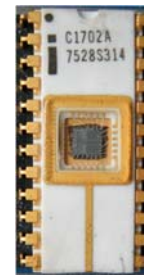
EPROM (1971)



Dov Frohman uppfann EPROM (Intel)



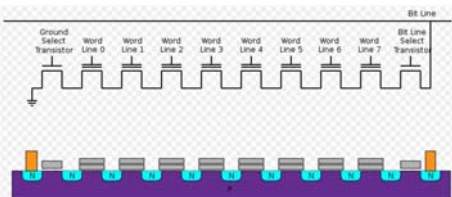
Intel 1702, EPROM. UV-ljus användes för att radera minnet.



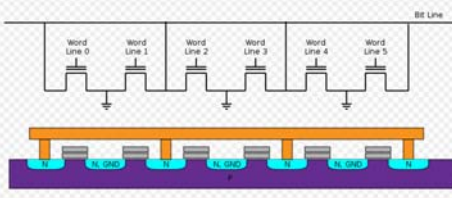
Intel EPROM-programmerare (1971)

FLASH 1988

"block access"

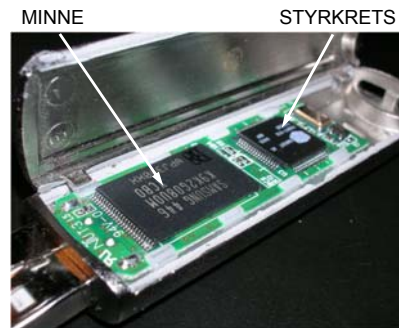


NAND-FLASH



NOR-FLASH

"random access"



RAM - Minnestyper

Volatile ("Flyktigt")

innehållet försvinner vid spänningsbortfall, vid spänningstillslag är innehållet oftast slumpmässigt bestämt.

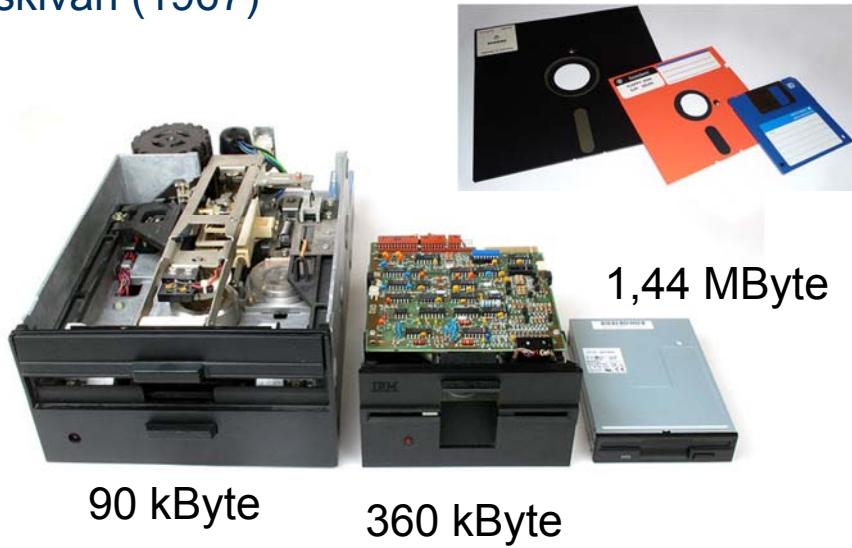
- S-RAM (Static RAM)
- D-RAM (Dynamic RAM)

NON Volatile ("Icke flyktigt")

behåller sitt innehåll även efter spänningsbortfall

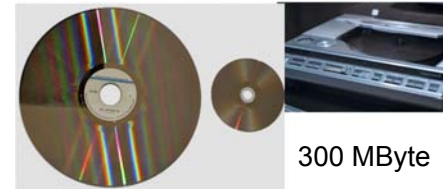
- ROM (Read Only Memory)
 - programmeras vid tillverkningen, innehållet kan därefter inte ändras
- PROM (Programmable ROM)
 - minnestypen kan programmeras (kräver speciell utrustning) en gång
- EPROM (Erasable PROM)
 - minnestypen kan programmeras och raderas med speciell utrustning
- FLASH
 - minnestypen kan programmeras/raderas utan speciell typ av utrustning

Flexskivan (1967)



Optisk disk(1965)

Laser Disc (1971)

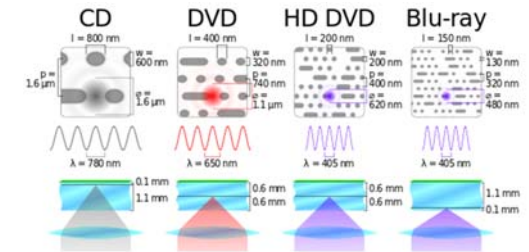


Digital Versatile Disc(1995)

4,7-17 GByte



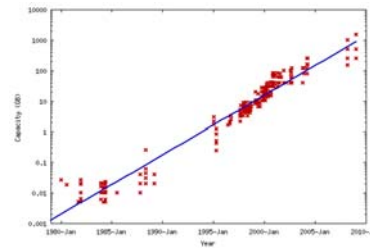
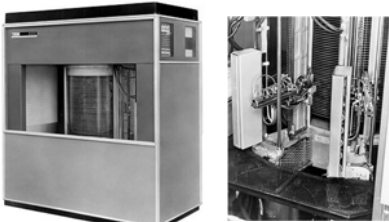
Compact Disc(1981)



Hårddisken



IBM 350 (1956)



Bandstationer

IBM 727 (1953)



IBM 3420 (1970)

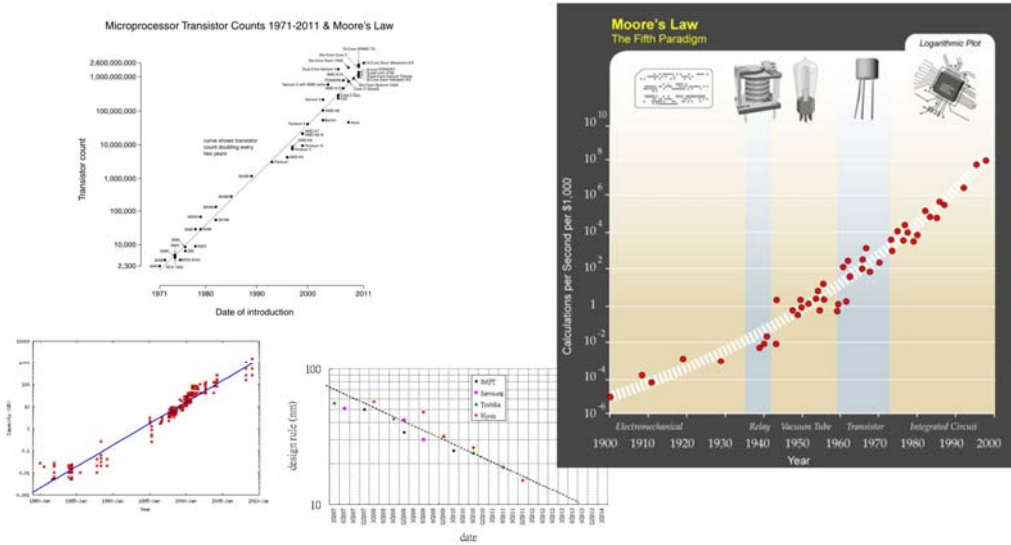


IBM MP350 (1996)

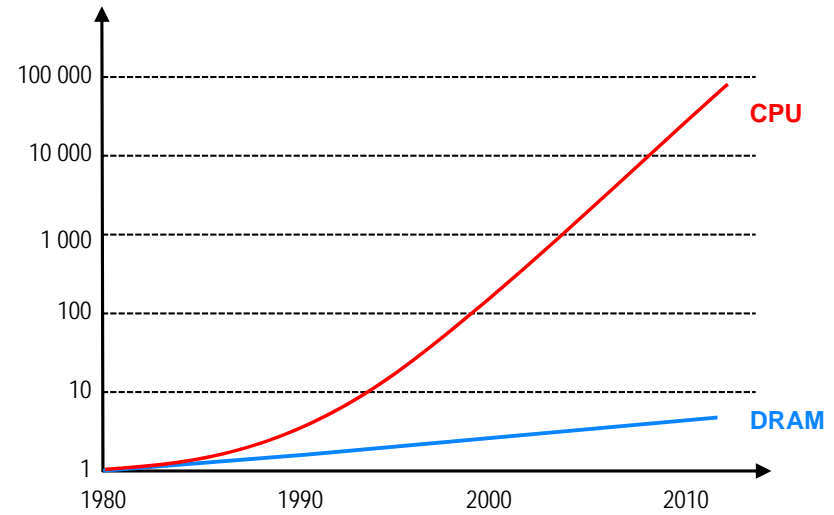
300GB/kasset



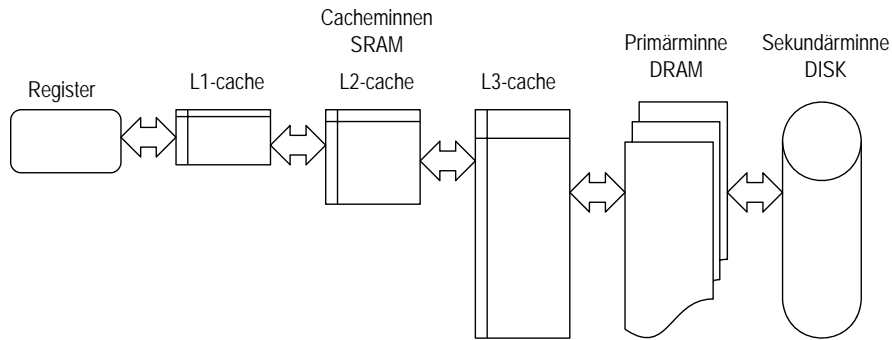
Teknologiutveckling – Moores lag med konsekvenser



Skillnader i prestanda CPU/DRAM



Åtkomsttider i minneshierarkin (2013)



Storlek	1 KB	64 KB	256 KB	2-4 MB	4-16GB	4-16 TB
Åtkomsttid	300 ps	1 ns	3-10 ns	10-20 ns	50-100 ns	5-10 ms

Sammanfattning – att kunna

- Datorns minnessystem sägs utgöra en minneshierarki
- Olika minnestyper placeras in i hierarkin baserat på prestanda och kostnad
- Kostnad mäts i pris/MBit