

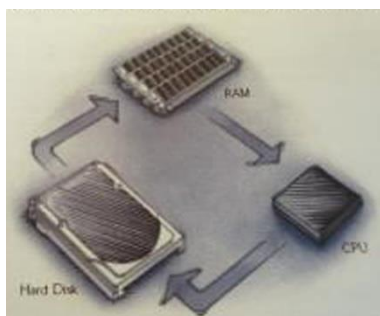
2.5 Datorns arbetsminne (RAM)

Ämne	Sida
2.5 Datorns arbetsminne (RAM)	41
Minnestyper	41
- Single In-line Memory Module (SIMM)	42
- Dual In-line Memory Module (DIMM)	42
Minneskontroll ECC	43
Cacheminne	44
- L2-cache	45
- L1-cache	45
Frågor & övningar 61-75 om RAM	49

RAM står för **Random Access Memory** och är datorns *arbetsminne*, även kallat *internminne*, och är en hårdvara (minneschip) som sitter på moderkortet. Där finns ett antal hållare för RAM (sid 19).

RAM:s funktion är att *temporärt* lagra data i väntan på att vidarebefordras till datorns processor (*CPU*) – till skillnad från hårddisken som är en permanent lagringsplats för data. Det handlar om två olika typer av minnen med olika funktionaliteter. Andra beteckningar är *primär-* och *temporärt minne* för RAM och *sekundärminne* för hårddisken. Ofta används även termen *minne* som synonym för RAM.

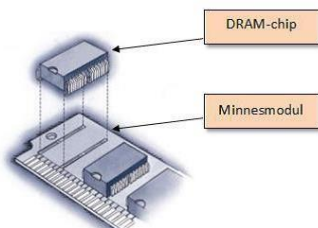
Ett typiskt exempel för RAM:s funktionalitet är programexekvering: Den kompilerade koden laddas från hårddisken till arbetsminnet, för att sedan skickas vidare till processorn, där den utförs. RAM är en mycket snabbare minnestyp än hårddisken. Det töms på sitt innehåll (nollställs) när datorns stängs av eller startas om resp. strömtillförselsen bryts, medan hårddisken behåller all data vid avstängning, dvs även utan ström.



Minnets **accesstid** anger hur snabbt ett minne är och avser tiden från att processorn anger en adress i minnet, till att minnet presenterar motsvarande data. Enheten för accesstiden är *Nanosekunder (ns)*. En nanosekund är en miljarddel sekund.

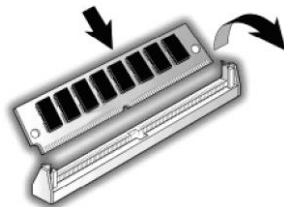
Minnestyper

Marknadens absolut viktigaste minneschip kallas för *Dynamic Random Access Memory (DRAM)*. Ett DRAM består av ett antal minneskretsar som tillsammans bygger upp en minnesmodul. Chipets kvalitet avgör som minnets kärna kvalitén hos hela modulen.

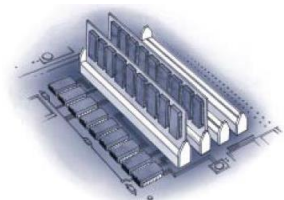


Single In-line Memory Module (SIMM)

En vanlig minnesprodukt är *Single In-line Memory Module (SIMM)*, se bilden till höger. Den består av ett antal DRAM-chips på en liten s.k. *Printed Circuit Board (PCB)* som passar i en SIMM-hållare på datorns moderkort. SIMM finns i olika format, t.ex. 30- och 72-pin.



Minnen är ordnade i s.k. *minnesbanker*. Varje minnesbank kan bestå av en, två eller fler SIMM-hållare. Processorn adresserar en minnesbank i taget. Därför borde i samma bank finnas SIMM-minnen med *samma kapacitet*. Annars kan det förekomma att datorn inte kan känna av hur mycket minne som finns tillgängligt, vilket kan medföra att datorn inte startar alls. Information om hur de olika minnesbankerna är uppbyggda finns i moderkortets manual.



Då man ska installera minne på ett moderkort måste minneskretsarna fylla en hel minnesbank för att kunna användas. Om vi t.ex. tar ett 486-moderkort med 30-pinnars SIMM-platser, krävs det att en minnesbank ska bestå av fyra SIMM-platser ($8 \times 4 = 32$) som då måste fyllas för att datorn ska kunna starta. SIMM är en gammal standard som satt på moderkort i 486-or och de första Pentium-datorerna.

Dual In-line Memory Module (DIMM)

En annan typ av minnesmodul är *Dual In-line Memory Module (DIMM)* med dubbelt så breda datakanaler jämfört med SIMM-minnet. En DIMM-modul motsvarar därför två parvis monterade SIMM-moduler och ger därmed plats för mer minne och bredare datakanaler. DIMM används ofta för datakonfigurationer som stödjer 64-bitars eller en större minnesbuss. DIMM finns med ECC (*Error Checking and Correction*) som ger säkerhet och felkontroll vid behandling av data i minnet.

Skillnaden mellan *Single* och *Dual Channel* är att *Dual Channel* kan överföra data både den stigande och fallande sidan av klockcykeln vilket gör att datahastigheten i ett minneschip fördubblas.

Olika typer av DIMM-minnen

- **SDRAM** (*Synchronous Dynamic Random Access Memory*) kom 1997 och var då en ny variant av det vanliga DRAM-minnet (sid 41). Hastigheten var då 66 MHz (PC66). Finns i hastigheterna 100 MHz (PC100) och 133 MHz (PC133).
- **DDR** (*Double Data Rate*) kom ut på marknaden år 2002 och var en vidareutveckling av DIMM. Datahastigheten var dubbelt så stor. När de första

DDR-minnena kom, var de på 200 MHz (DDR200) och finns nu som DDR266, DDR333, DDR400, DDR433, DDR466, DDR500 samt DDR533.

- **DDR HyperX** med 533 MHz (PC4300). Serien består av moduler med kapaciteterna 256 och 512 MB och i par på 512 MB resp. 1 GB. Som namnet antyder kan de nya minnena hantera datahastigheter på upp till 533 MHz, beroende på vad moderkortet klarar.
- **DDR2** är efterträdare till DDR. DDR2-minnena bjuder på högre fart, upp till 667 MHz, större bandbredd, runt 50% lägre elförbrukning och avsevärt bättre förmåga att hantera värmen.
- **DDR3** är nyare än DDR2. De är mer än dubbelt så snabba som DDR2, upp till 1600 MHz och kan byggas i minnesmoduler upp till 16 GB.
- **DDR4** är den nu senaste versionen och började att användas år 2014.
- **SO-DIMM** är en variant av de vanliga DIMM som har mindre fysisk storlek och som därför ofta används i bärbara datorer.

Minnets hastighet har olika beteckningar som beskriver olika saker. Om vi t.ex. tar beteckningen PC3200 kommer denna av den teoretiska hastigheten på minnet som räknas ut enligt följande formel:

Memory Speed x Number of bytes transferred per channel x Number of Channels

(its data rate) (8 Bytes or 64 bits) (one or two)

För PC3200, också känt som DDR400, får man då följande resultat om man använder formeln:
 Bandbredd = (400 MHz) x (8 Bytes) x (2 Channels), vilket då ger 6400 MB/s eller 6.4 GB/s.

PEAK BANDWIDTH	DATA BITS ACCESSED	PC-133	PC2100 DDR266	PC2700 DDR333	PC3200 DDR400
Single-Channel	64	1.1GB/s	2.1GB/s	2.7GB/s	3.2GB/s
Dual-Channel	128		4.2GB/s	5.4GB/s	6.4GB/s

Minneskontroll ECC

ECC står för **Error Correction Code** och kontrollerar data som flödar ut och in i minnet för att se om datan blivit skadad. Tillsammans som metoder som paritet är minneskontrollen en viktig del i alla datorer. Om datorn har en avgörande roll som t.ex. en server, är det lämpligt att välja en dator med ECC. De flesta datorer som är utformade för att användas som servrar stödjer ECC. De flesta datorer som används i hemmet stödjer varken paritet eller ECC. .

Cacheminne

Tanken med ett cacheminne är att man i ett snabbt minne kan lagra data som används ofta och som på den regulära vägen skulle ta längre tid att hämta. Ett typiskt exempel är webbsidor som hämtas upprepade gånger. Efter den första hämtningen av en hemsida från en server på Internet lagras den vanligtvis i ett cacheminne på klientdatorn. Vid ytterligare begäran av samma sida hämtas den inte från Internet utan från lagrade (cachade) sidan i cacheminnet, eftersom det i regel tar längre att hämta den från servern på Internet än från det lokala cacheminnet. Man kan se detta i sådana fall då t.ex. sidan har uppdaterats (ändrats) på servern. På klientdatorn kommer i så fall finnas kvar den gamla versionen av hemsidan som cachats före uppdateringen. Vill man se den nya versionen måste sidan fräschas upp, dvs hämtas från servern.

Samma konstruktion finns för hämtningar av data från hårddisken. I båda fall – hämtningar från Internet och från hårddisken – används ett litet cacheminne vid hårddisken.

Små, mycket snabba cacheminnen kan även finnas i processorn som en mellanlagringsplats som gör att processorn kan slippa läsa från RAM-minnet hela tiden.

När processorn läser data från RAM avgör en cachekontroller om just den efterfrågade datan finns i cachen eller om de måste hämtas från RAM. Finns den i cachen, så kan processorn läsa direkt därifrån, vilket då kallas *cache hit*, en cache fullträff. I annat fall måste processorn vänta tills RAM levererar data. Det är även cachekontrollerns uppgift att med olika algoritmer försöka utnyttja cacheminnet på ett så bra sätt som möjligt.

Cachen uppdateras vanligtvis enligt ett LRU-schema (*Least Recently Used*). Dvs den aktuella informationen skriver över den information som är minst använd. Detta gör cachen med en lista – ett s.k. ”tag”-minne – med information om när cachens olika delar användes senast. De första cacheminna fungerade så att processorn skrev igenom cachen när den skulle skicka data till RAM – en teknik som kallas *write through*.

Idag har det blivit vanligast med en teknik som kallas *write back*, vilket innebär att cachen hanterar skrivningar tillbaka till RAM-minnet. Processorn blir då fortare klar med dataöverföring till RAM och kan fortsätta med sitt. Sedan är det cachens uppgift att skriva till DRAM-minnet i den takt det kan ta emot.

Den hittills vanligaste typen av sekundärt cacheminne är betar asynkront och förser processen med data när den efterfrågas. Varje dataöverföring sker med en bekräftelse (*handshaking*) som kontrollerar att den sända informationen blivit korrekt mottagen. Om man vill slippa bekräftelserna kan man synkronisera cacheminnet med processorns kolcka, så att all överföring kan ske i en följd (*burst mode*). Om data är organiserad på rad (*pipelined*) i det synkrona cacheminnet innebär detta att processorn snabbare kan få fram informationen. Tillsammans blir detta ett effektivt cacheminne som kallas för *pipelined burst cache* eller synkront cacheminne.

Level 2 cache är ett sekundärt, extra snabbt cacheminne där systemet lägger in sådana program och data som används ofta. På så sätt arbetar datorn snabbare. Då processorn arbetar med allt högre och högre hastigheter kan det vanliga RAM-minnet inte leverera data i tillräckligt snabb takt. Processorn är tvungen att vänta ett antal cykler varje gång den hämtar information från RAM.

Med dagens snabba processorer och minneskrävande program skulle det vara alltför dyrt att utrusta moderkortet med tillräckligt snabbt minne i tillräcklig mängd. Detta har man löst genom att ha en begränsad mängd mycket snabbt minne – kallat cacheminne – mellan processorn och det långsammare RAM.

Vanliga storlekar på andra nivå cache är 128, 256, 512 kB eller 1 MB.

L2-minnet fanns tidigare främst som särskilda minneskretsar på moderkortet, men ingår numera i processorn. Det har lett till att sekundärt cacheminne numera kallas **L3-cache**.

Level 1 cache är ett inbyggt cacheminne med varierande storlek inuti själva processor-kretsen. Detta utnyttjas internt av processorn för att denna ska kunna utföra sitt arbete som beräkningar, att exekvera program, att utföra instruktioner osv. Även om L1-cachen enkelt sett har samma funktion som L2-cachen så kan man inte jämföra dessa med varandra.

Ett tillräckligt stort L1-cache skulle inte kunna ersätta L2-cachen, eftersom deras arbetsområden är åtskilda. De arbetar på olika plan och olika nivåer. L1-cachen är även uppdelad för att sköta olika funktioner. Ofta är halva mängden avsatt för kod, medan den andra är ämnad för data.

**Besvara nu frågorna 2.61-2.73 på sid 49 om
avsnitt 2.5 Datorns arbetsminne (RAM).**