

1) Verklaar de volgende termen en de onderlinge verschillen:

**a) ROM- geheugen**

ROM staat voor 'Read Only Memory'. Het geheugen kan enkel gelezen worden. Dit type geheugen is niet vluchtig, tijdens het vervaardigen wordt dus de informatie permanent op het geheugen geplaatst. Op het ROM geheugen staan instructies die noodzakelijk zijn voor het starten van de computer. Deze operatie wordt bootstrap genoemd. ROM chips worden buiten computers ook in andere elektronische apparaten gebruikt zoals wasmachines en microgolfovens.

types ROM

- MROM (Masked ROM)

De eerste ROMs waren apparaten die 'hard-wired' waren, dit wil zeggen dat het ROM-geheug niet kan worden aangepast na fabricage en voorgeprogrammeerde data of instructies rechtstreeks en permanent verbonden zijn. Het geheugen kan nooit worden veranderd en dit is een nadeel bij vele toepassingen omdat bugs en beveiligingsproblemen niet kunnen worden opgelost en nieuwe functies kunnen niet worden toegevoegd.

- PROM (Programmable Read Only Memory)

PROM is enkel leesbaar geheugen dat slechts één keer door een gebruiker kan worden gewijzigd. De gebruiker koopt een lege PROM en voert de gewenste inhoud in met een PROM-programma. Binnen de PROM-chip zijn er kleine zekeringen die tijdens het programmeren worden geopend. Het kan slechts één keer geprogrammeerd worden en is niet uit te wissen.

- EPROM (Erasable and Programmable Read Only Memory) (e.)

EPROM kan worden gewist door bloot te stellen aan ultraviolet licht meestal rond 10 minuten, dan herschreven met een proces dat opnieuw een hoger voltage nodig heeft. Door de herhaalde blootstelling aan UV-licht zal uiteindelijk de EPROM verslijten, maar de duurzaamheid van de meeste EPROM-chips overschrijdt 1000 cycli van het wissen en opnieuw programmeren.

- EEPROM (Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory)

EEPROM is gebaseerd op een soortgelijke halfgeleider structuur als EPROM, maar laat de gehele inhoud (of geselecteerde banken) elektrisch gewist worden en vervolgens opnieuw worden geschreven, zodat ze niet van de computer hoeven worden verwijderd. Het schrijven van een EEPROM is veel langzamer (milliseconden per bit) dan het lezen van een ROM of het schrijven naar een RAM (nanoseconden in beide gevallen).

voorbeelden van EEPROM:

- EAROM (Electrically Alterable Read Only Memory)

EAROM is een type van EEPROM die één bit kan worden veranderd per keer. Schrijven is een zeer langzaam proces en heeft opnieuw een hogere spanning nodig dan bij het lezen. EAROM's zijn bedoeld voor toepassingen die zeldzaam en alleen gedeeltelijk herschrijven vereisen. EAROM kan worden gebruikt als niet-vluchtige opslag voor kritische systeeminstellingen informatie.

- flash geheugen(f.)

Flash-geheugen is een modern type EEPROM uitgevonden in 1984. Flash-geheugen kan sneller worden gewist en herschreven dan gewone EEPROM, en nieuwere ontwerpen hebben een zeer hoge duurzaamheid (meer dan 1.000.000 cycli). Moderne NAND-flash maakt efficiënt gebruik van siliciumchip gebied, wat resulteert in individuele IC's met een capaciteit tot 32 GB vanaf 2007. Deze functie, samen met zijn uithoudingsvermogen en fysieke duurzaamheid, heeft NAND flash in sommige toepassingen mogelijk om magnetisch te vervangen (zoals USB flash drives). Flashgeheugen wordt soms flash ROM of flash EEPROM genoemd wanneer deze wordt gebruikt als vervanging voor oudere ROM-typen, maar niet in toepassingen die profiteren van de mogelijkheid om snel en regelmatig te worden aangepast.

## b) RAM-geheugen

RAM staat voor 'Random Access Memory'. Het verwijst naar een gemeenschappelijk type computergeheugen dat willekeurig toegankelijk is. Het bestaat voornamelijk uit twee typen: statische RAM en dynamische RAM.

Het is een soort computer data opslag die ook wel het werkgeheugen van de computer wordt genoemd. Geheugen in computers helpt bij het opslaan van een groot aantal gegevens. RAM biedt tijdelijke opslag in een computersysteem. De aard van de meeste RAM's is vluchtig, wat betekent dat het alleen geheugen behoudt zolang de stroom is aangesloten. Het is gekend als een willekeurig geheugen, aangezien de geheugencellen toegankelijk zijn van of naar welke locatie dan ook, en de toegang tot deze geheugencellen neemt dezelfde tijd in als er rekening gehouden wordt met de exacte locatie.

Het RAM geheugen wordt doorgaans ingedeeld in SRAM en DRAM.

- SRAM (Static Random Access Memory)

De twee veel gebruikte vormen van modern RAM zijn statische RAM (SRAM) en dynamische RAM (DRAM). In SRAM, één bit gegevens wordt opgeslagen met behulp van de toestand van een zes transistor geheugencel. Deze vorm van RAM is duurder om te produceren, maar is over het algemeen sneller en vereist minder dynamische kracht dan DRAM. In moderne computers wordt SRAM vaak gebruikt als cache-geheugen voor de CPU.

- DRAM (Dynamic Random Access Memory)

DRAM slaat één bit gegevens op met een transistor- en condensator paar, die samen een DRAM-cel bevatten. De condensator houdt een hoge of lage lading (respectievelijk 1 of 0) en de transistor fungeert als een schakelaar waarmee de besturing schakeling op de chip de toestand van de capaciteit van de condensator leest of verandert. Aangezien deze vorm van geheugen minder duur is om te produceren dan statisch RAM, is het de overheersende vorm van computergeheugen dat wordt gebruikt in moderne computers.

Zowel statische als dynamische RAM worden beschouwd als vluchtig, omdat hun toestand verloren gaat of reset wanneer de stroom uit het systeem wordt verwijderd.

Andere types RAM:

Behalve als tijdelijke opslag en werkruimte voor het besturingssysteem en applicaties, wordt RAM op tal van andere manieren gebruikt.

- Virtual geheugen(d.)

De meeste moderne besturingssystemen maken gebruik van een methode om RAM-capaciteit te verlengen, bekend als "virtueel geheugen". Een deel van de harde schijf van de computer is opzij gezet voor een geheugenpaginering (paging)\* of een scratch partitie\*, en de combinatie van fysieke RAM en het paging bestand vormen het totale geheugen van het systeem. (Bijvoorbeeld, als een computer 2 GB RAM en een 1 GB paginabestand heeft, heeft het besturingssysteem 3 GB totaal geheugen beschikbaar.) Als het systeem laag op het fysieke geheugen loopt, kan het RAM-geheugen "wisselen" naar het paginabestand, maakt ruimte voor nieuwe gegevens, en leest eerder geswipte informatie weer in RAM. Overmatig gebruik van dit mechanisme resulteert in thrashing\* en over het algemeen belemmert de algehele systeemprestatie, vooral omdat harde schijven veel langzamer dan RAM zijn.

- RAM disk

Software kan een gedeelte van het RAM van een computer "partitioneren", waardoor het kan optreden als een veel snellere harde schijf die een RAM-schijf heet. Een RAM-schijf verliest de opgeslagen gegevens wanneer de computer is uitgeschakeld, tenzij het geheugen is geregeld om een standby-batterijbron te hebben.

- shadow RAM

Soms wordt de inhoud van een relatief langzame ROM-chip gekopieerd om geheugen te lezen / schrijven om kortere toegangstijden mogelijk te maken. De ROM-chip wordt dan uitgeschakeld, terwijl de geïnitieerde geheugenlocaties zijn ingeschakeld op hetzelfde adresblok (vaak beveiligd tegen schrijven). Dit proces, soms schaduw genoemd, is vrij algemeen in beide computers en embedded systemen.

Als een algemeen voorbeeld heeft het BIOS in typische personal computers vaak een optie genaamd "use shadow BIOS" of dergelijke. Als de functies van de BIOS ROM zijn ingeschakeld, worden functies in de DRAM-locaties gebruikt (de meeste kunnen ook schaduwen van videokaart ROM of andere ROM-secties schakelen). Afhankelijk van het systeem kan dit niet leiden tot verhoogde prestaties, en kunnen incompatibiliteit veroorzaken. Bijvoorbeeld, sommige hardware kan ontoegankelijk zijn voor het besturingssysteem als schaduw RAM wordt gebruikt. Op sommige systemen kan het voordeel hypothetisch zijn, omdat het BIOS niet wordt gebruikt na opstarten ten gunste van directe hardware toegang. Vrij geheugen wordt verminderd door de grootte van de beschadigde ROM's

### c) Cache geheugen

Cache-geheugen, ook wel CPU-geheugen genoemd, is willekeurig toegangsgeheugen (RAM) dat een computer-microprocessor sneller toegang heeft tot het normale RAM-geheugen. Dit geheugen wordt typisch direct geïntegreerd met de CPU-chip of op een aparte chip geplaatst die een aparte busverbinding heeft met de CPU.

Het hoofddoel van cachegeheugen is het opslaan van programma-instructies die regelmatig opnieuw worden verwezen naar software tijdens de operatie. Snelle toegang tot deze instructies verhoogt de totale snelheid van het softwareprogramma.

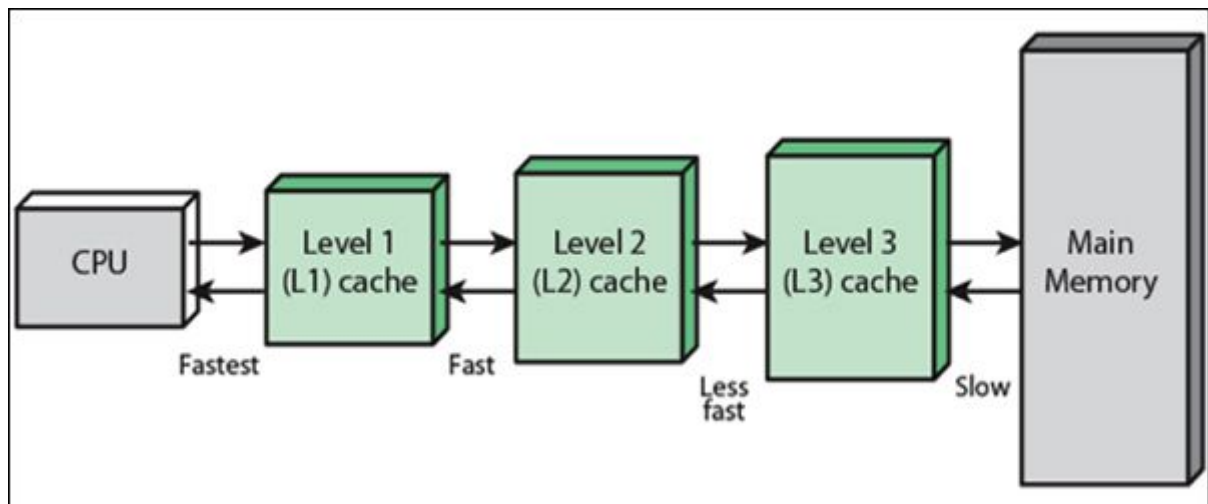
Aangezien de microprocessor gegevens bewerkt, ziet het eerst in het cachegeheugen; als het de instructies daar vindt (vanaf een eerdere gegevensbezetting), hoeft het niet meer tijdrovende data te lezen vanaf grotere geheugen of andere data opslagapparaten.

De meeste programma's gebruiken maar weinig middelen zodra ze voor een tijd geopend en in werking zijn, voornamelijk omdat vaak gereviseerde instructies meestal in de cache zijn. Dit verklaart waarom metingen van systeemprestaties in computers met langere processors maar grotere caches vaak sneller zijn dan metingen van systeemprestaties in computers met snellere processors, maar een beperkte cache ruimte.

Multi-tier of Multilevel caching is populair geworden in server- en desktop-architecturen, met verschillende niveaus die meer efficiëntie bieden door middel van 'managed tiering'. Simpel gezegd, hoe minder vaak toegang tot bepaalde gegevens of instructies is, hoe lager dat het cachenniveau de gegevens of instructies schrijft.

#### - Niveaus van het cache geheugen

Cache-geheugen is snel en duur. Traditioneel wordt het geclassificeerd als 'levels' die de nabijheid en toegankelijkheid van de microprocessor beschrijven:



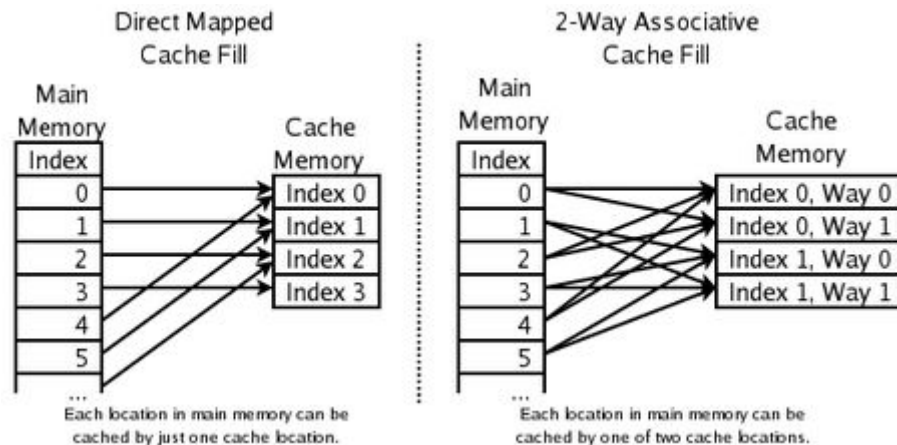
af. 01

Niveau 1 (L1) cache is extreem snel maar relatief klein, en wordt meestal ingebed in de processor chip (CPU).

Niveau 2 (L2) cache is vaak ruimer dan L1; Het kan zich op de CPU of op een aparte chip of coprocessor bevinden met een hogesnelheidse alternatieve systeembus die de cache verbindt met de CPU, om niet te worden vertraagd door het verkeer op de hoofd systeembus.

Niveau 3 (L3) cache is typisch gespecialiseerd geheugen dat werkt om de prestaties van L1 en L2 te verbeteren. Het kan aanzienlijk langzamer zijn dan L1 of L2, maar is meestal dubbel de snelheid van RAM. In het geval van multicore-processors kan elke kern zijn eigen dedicated L1- en L2-cache hebben, maar delen een gemeenschappelijke L3-cache. Wanneer een instructie wordt verwezen in de L3-cache, wordt deze gewoonlijk verheven naar een hogere cache.

- Cache configuraties Cache configuraties blijven evolueren, maar geheugen cache werkt traditioneel onder drie verschillende configuraties:



af.02

Directe mapping:

waarbij elk blok is toegewezen aan precies één cache locatie. Conceptueel is dit als rijen in een tabel met drie kolommen: de gegevensblok of cachelijn die de werkelijke gegevens bevat die zijn opgehaald en opgeslagen, een label die geheel of gedeeltelijk het adres van de verzamelde gegevens bevat en een 'flag bit\*' dat de aanwezigheid van een geldig stuk gegevens in de rij-invoer.

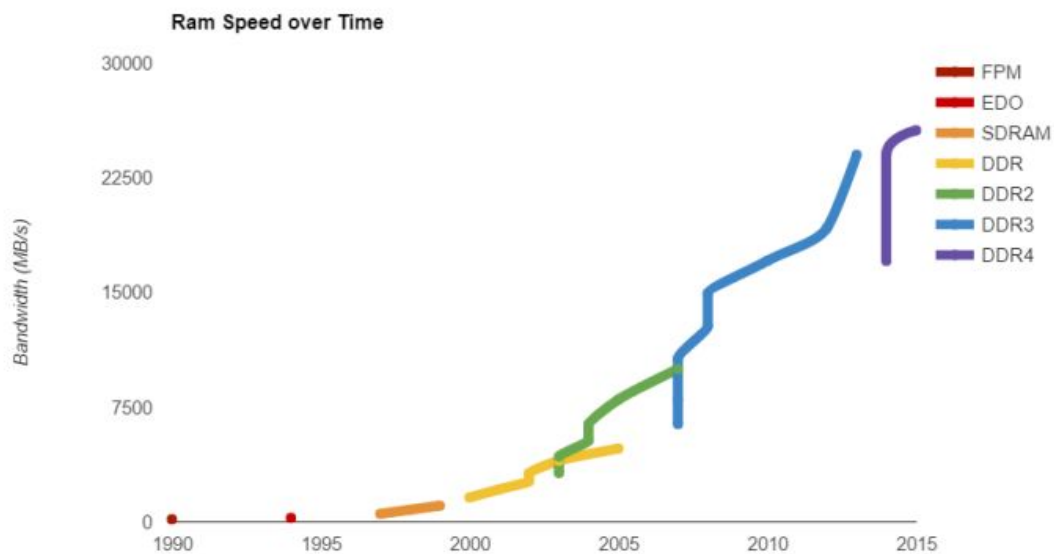
Volledig associatief mapping:

is vergelijkbaar met directe mapping in structuur, maar laat een blok toe op een cache-locatie in plaats van een vooraf bepaalde cache-locatie (zoals bij directe mapping).

Bepaald associatief mapping (zie af.02):

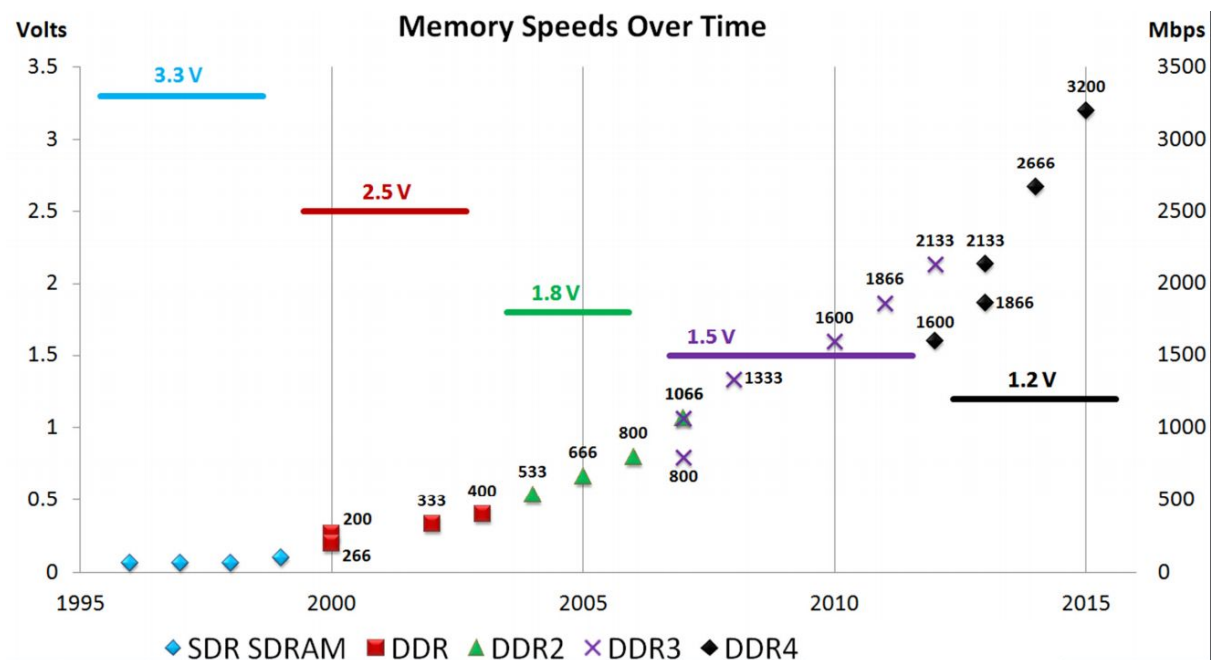
kan worden beschouwd als een compromis tussen direct mapping en volledig associatieve mapping waarin elk blok is gekoppeld aan een subset van cache locaties. Het wordt soms 'N-way set associative mapping' genoemd, waardoor een locatie in het hoofdgeheugen wordt opgeslagen in een van de 'N' locaties in de L1-cache.

- 2) Geef mij een tabel of schematisch overzicht van de evolutie van RAM geheugen (types en subtypes, jaar van ontstaan, technische kenmerken (snelheid), ...).



graf. 01

In de grafiek (graf.01) worden de verschillende types RAM geheugen over de tijd vergeleken met de snelheid.



graf. 02

In de grafiek (graf.02) wordt de snelheid van het RAM geheugen vergeleken met de tijd, hieruit zien we dat de snelheid op 20 jaar zeer snel toenam. Hoe verder in de tijd zien we dat de efficiëntie vooruit gaat, het aantal voltage dat nodig is wordt sterk verminderd, het vermogen wordt dus kleiner hoewel de snelheid hoger wordt.

- 3) Verklaar mij de volgende termen: technische uitleg + welk voordeel/nadeel dit geeft. Geef eventueel een voorbeeld aan de hand van cijfers.

**a) Interleaving**

Interleaving verdeelt geheugen in kleine stukjes. Het wordt gebruikt als een high-level techniek voor het oplossen van problemen met het moederbord en chips. Door het vergroten van de bandbreedte, zodat gegevens toegang kunnen krijgen tot delen van het geheugen, zal de algemene prestaties van de processor en het systeem toenemen. Dit komt doordat de processor gegevens kan ophalen en verzenden naar en van het geheugen in dezelfde hoeveelheid tijd.

Interleaving is de enige techniek die wordt ondersteund door alle soorten moederborden. High-level processing systemen zijn voortdurend nodig om dergelijke technieken te implementeren. Interleaving bevordert efficiënte database en communicatie voor servers in grote organisaties.

Er zijn verschillende soorten interleaving:

Two-Way Interleaving: twee geheugen blokken worden geraadpleegd op hetzelfde niveau voor het lezen en schrijven operaties. De kans op overlapping bestaat.

Four-Way Interleaving: Vier geheugenblokken zijn toegankelijk op hetzelfde moment.

Error-Correction Interleaving: Fouten in communicatiesystemen kunnen optreden bij hoge volumes in plaats van in één aanval. Interleaving controleert deze fouten met specifieke algoritmen.

Latency is een nadeel van interleaving. Interleaving kost tijd en verbergt allerlei foutstructuren die niet efficiënt zijn.

**b) Quad channel**

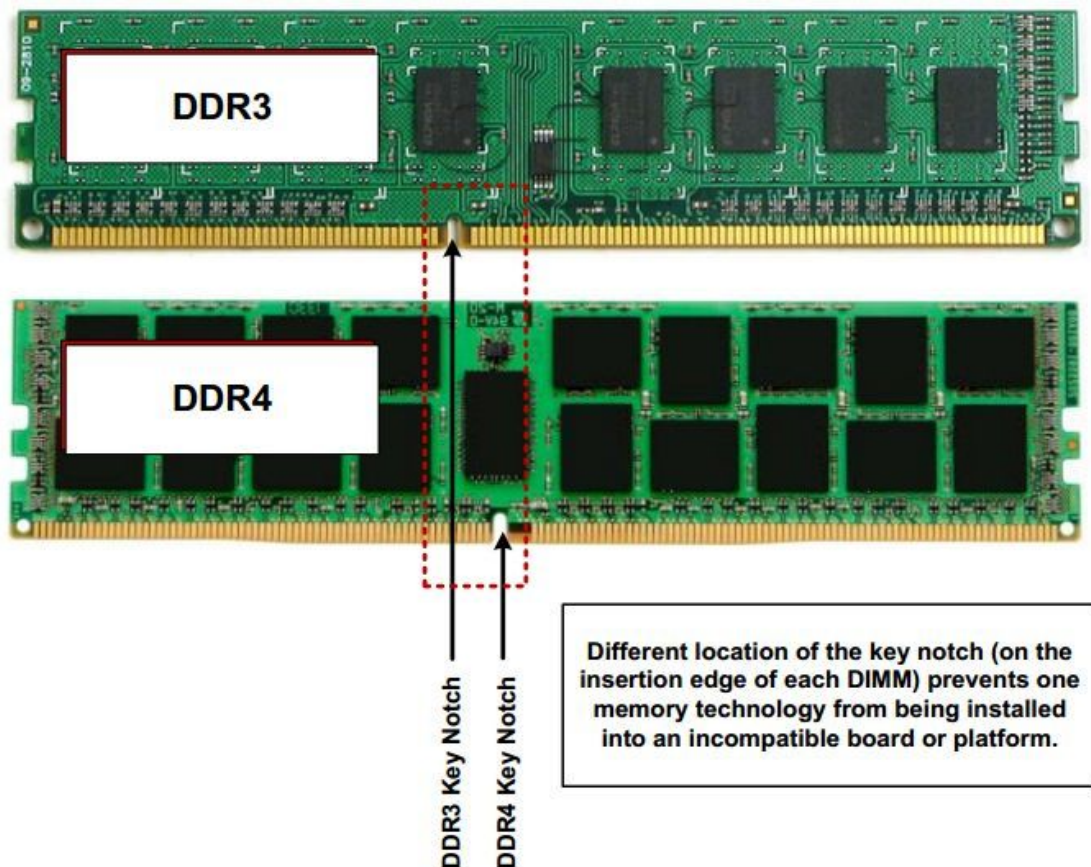
Op het gebied van digitale elektronica en computer hardware is de multi-channel-geheugenarchitectuur een technologie die de dataoverdrachtsnelheid tussen het DRAM-geheugen en de geheugen regelaar verhoogt door meer kanalen van communicatie tussen hen toe te voegen. Theoretisch vermenigvuldigt dit de gegevenssnelheid met precies het aantal aanwezige kanalen. Dual-channel geheugen heeft twee kanalen. De techniek gaat terug tot op de jaren zestig in IBM System / 360 Model 91 en in CDC 6600.

De architectuur kan alleen worden gebruikt als alle vier de geheugenmodules (of meerdere van vier) identiek zijn in capaciteit en snelheid, en in vierkante sleuven worden geplaatst. Wanneer twee geheugenmodules zijn geïnstalleerd, werkt de architectuur in een dual-channel modus. Als er drie geheugenmodules zijn geïnstalleerd, werkt de architectuur in een drievoudige modus.

De verschillende locatie van de sleutel inkeping (af.03) voorkomt dat één geheugentechnologie wordt geïnstalleerd in een onverenigbaar bord of platform.



### DDR3 vs. DDR4: Visual differences at a Glance



af.03

Bij data-overdrachtsnelheden van RAM, wordt het gemeten in miljoenen overdrachten per seconde (MT / s) of gigatransfers (miljard) per seconde (GT / s). Een hogere overdrachtssnelheid betekent dat u meer bandbreedte heeft en u dus meer gegevens tegelijkertijd kunt overdragen. DDR4 RAM kan gegevens met een snelheid tussen 2133MT / s en 4266MT / s overdragen, terwijl DDR3 RAM alleen overdrachtsdata kan raken tussen 800MT / s en 2133MT / s.

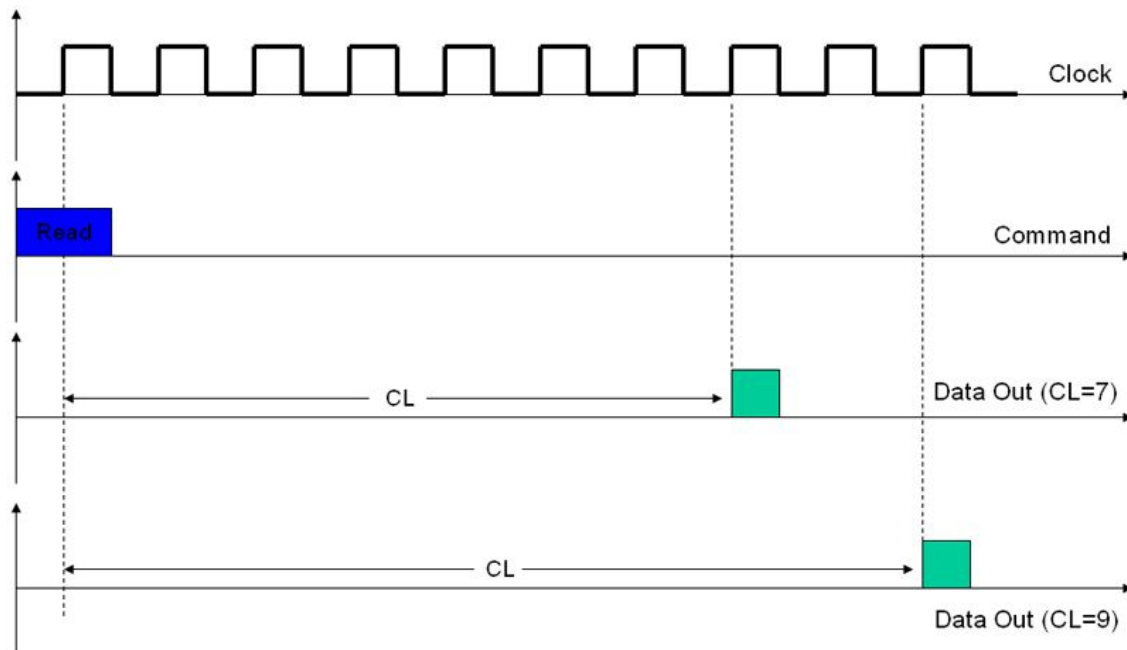
Bij het kopen voor RAM, neem altijd rekening met alle specificaties. Hogere cijfers op het label betekenen niet noodzakelijkerwijs snellere prestaties. Dit wilt zeggen dat de hardware die op die moment wordt gebruikt de prestatie kan belemmeren

Verbruik:

De standaard spanning van DDR3 RAM zit op 1.5V, terwijl DDR3L RAM zowel 1.35V als 1.5V kan gebruiken. DDR4 RAM, daarentegen, gebruikt 1.2V. Hoewel dit geen groot verschil is voor de meesten van ons die één of twee RAM-modules gebruiken, ziet u geen verschil op uw elektriciteitsrekening - server farms met duizenden RAM-modules zullen er zeker van genieten.

## c) CAS latency (rekenvoorbeeld zeker meegeven)

Common Access Strobe latency, Een maat voor de snelheid van geheugen. Dit zijn vaak hele getallen (niet-gehele getallen moeten altijd naar boven worden afgerond) Het getal staat voor het aantal klok tikken dat het geheugen nodig heeft om gegevens op te slaan of in te lezen.



graf.03

CAS latency (CL) is meest bekende geheugen parameter. Het vertelt ons hoeveel klokcycli het geheugen zal vertragen om de gevraagde gegevens te retourneren. Een geheugen met CL = 7 vertraagd zeven klokcycli om gegevens te leveren, terwijl een geheugen met CL = 9 negen klokcycli vertraagd om dezelfde werking uit te voeren. Dus voor twee geheugenmodules die op dezelfde kloksnelheid lopen, zal die ene met de laagste CL sneller zijn.

In graf.03 kunt u zien hoe CL werkt. We hebben twee voorbeelden gegeven, een geheugenmodule met CL = 7 en een geheugenmodule met CL = 9. Het commando in blauw zou een "read" commando zijn.

Een geheugen met CL = 7 levert een verbetering van 22,2% op de geheugen latency ten opzichte van een geheugen met CL = 9, gezien het feit dat beide met dezelfde kloksnelheid draaien.

De tijd die het geheugen vertraagd totdat het gegevens begint te leveren kan berekend worden. De periode van elke klokcyclus kan gemakkelijk berekend worden met de formule:

$$T = 1 / f$$

Zo zou de periode van elke klokcyclus van een DDR3-1333-geheugen met 1333 MHz (666,66 MHz klok) 1,5 ns (ns = nanoseconde, 1 ns = 0.000000001 s) zijn. Houd er rekening

mee dat u de echte kloksnelheid moet gebruiken, die de helft van de gelabelde kloksnelheid is. Zo zou dit DDR3-1333 geheugen 10,5 ns vertragen om data te beginnen leveren als het CL = 7 of 13.5 ns vertraging bij CL = 9.

SDRAM-, DDR-, DDR2- en DDR3-geheugen implementeren de burstmodus\*, waar gegevens die in de volgende adressen zijn opgeslagen, het geheugen met slechts één klokcyclus kunnen verlaten. Dus, terwijl de eerste gegevens worden vertraagd n CL-cycli om het geheugen te verlaten, zullen de volgende gegevens worden afgeleverd direct na de voorgaande data die net uit het geheugen zijn gekomen, zonder te wachten op een andere CL-cyclus. Ook DDR, DDR2 en DDR3 geheugen leveren twee data per klokcyclus, en daarom worden ze gemerkt als twee keer hun echte kloksnelheid.

## Woordenlijst:

geheugenpaginering/ paging , scratch partitie, thrashing, flag bit, burst mode

**Geheugenpaginering** is een vorm van virtueel geheugen in computers. Hierbij worden even grote delen van de virtuele geheugenruimte, de zogenaamde *pages*, toegewezen aan even grote delen van het werkgeheugen, de *page frames*. Het geheugenbeheer in het besturingssysteem houdt bij welke page frames er vrij zijn en welke niet. Het grote voordeel van geheugenpaginering is dat de frames niet aaneensluitend hoeven te zijn, zelfs al zijn de pages in de virtuele geheugenruimte van een proces dat wel. Zodoende maakt paginering het mogelijk voor het besturingssysteem om het geheugen vrij te verdelen over meerdere processen, zodanig dat elk proces een eigen aaneengesloten geheugenruimte krijgt die niet noodzakelijk in het fysieke geheugen eveneens aaneengesloten is. Hiervoor gebruikt het besturingssysteem een pagineringstabel voor elk proces.

**Scratch partitie** is ruimte op de vaste schijf die alleen voor tijdelijke opslag is bestemd. Het kan niet worden gebruikt om bestanden permanent op te zetten. Scratch-schijven kunnen worden ingesteld om alle gegevens met regelmatige intervallen te wissen, zodat de schijfruimte vrij blijft voor toekomstig gebruik. Het beheer van de schijfruimte is typisch dynamisch en voorkomt wanneer nodig.

**Thrashing** gebeurt wanneer het virtuele geheugen subsysteem van een computer in een constante toestand van paging is, waarbij gegevens in het geheugen snel worden uitgewisseld voor gegevens op de schijf, met uitsluiting van de meeste applicatie-niveauperwerking. Dit zorgt ervoor dat de prestaties van de computer degraderen of ineensstorten. De situatie kan onbepaald doorgaan tot de onderliggende oorzaak is aangepakt.

**flag bit** of een **bit field** is een datastructuur die wordt gebruikt bij computer programmering. Het bestaat uit een aantal aangrenzende computergeheugen locaties die zijn toegewezen om een reeks bits vast te houden, opgeslagen zodat elk enkel fragment of een groep bits binnen de set kan worden verwerkt. In microprocessors en andere logische apparaten wordt bit field, flag bit genoemd.

**Burst mode** (alternatief burst-mode) is een generieke elektronica term die verwijst naar een situatie waarin een apparaat gegevens herhaaldelijk overbrengt zonder door te gaan met alle stappen die nodig zijn om elk stuk data in een aparte transactie te verzenden. De gebruikelijke reden om een burstmodus te hebben, of het gebruik van de burstmodus, is om de doorvoer van gegevens te verhogen.

## Bronnen:

### ROM

[https://www.tutorialspoint.com/computer\\_fundamentals/computer\\_rom.htm](https://www.tutorialspoint.com/computer_fundamentals/computer_rom.htm)  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Read-only\\_memory](https://en.wikipedia.org/wiki/Read-only_memory)

### RAM

<http://www.differencebetween.info/different-types-of-ram>  
<http://computer.howstuffworks.com/ram3.htm>  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Random-access\\_memory](https://en.wikipedia.org/wiki/Random-access_memory)  
<http://blog.logicalincrements.com/2016/03/ultimate-guide-computer-ram/>  
<https://ibis.org/summits/nov12a/pytel.pdf>

### Cache

<https://www.techopedia.com/definition/6307/cache-memory>  
<http://searchstorage.techtarget.com/definition/cache-memory>  
[https://books.google.be/books?id=QGPHA19GE-IC&pg=PA301&lpg=PA301&dq=cache+levels+architecture&source=bl&ots=FWAwuGqZ4T&sig=RvK8190NTcJoX9D-Gud7NjIPWHE&hl=nl&sa=X&ved=0aUKEwju65D1gc\\_WAhXJKIAKHanGC7oQ6AEIYzAK#v=onepage&q=cache%20levels%20architecture&f=false](https://books.google.be/books?id=QGPHA19GE-IC&pg=PA301&lpg=PA301&dq=cache+levels+architecture&source=bl&ots=FWAwuGqZ4T&sig=RvK8190NTcJoX9D-Gud7NjIPWHE&hl=nl&sa=X&ved=0aUKEwju65D1gc_WAhXJKIAKHanGC7oQ6AEIYzAK#v=onepage&q=cache%20levels%20architecture&f=false)

### Interleaving

[https://en.wikipedia.org/wiki/Interleaved\\_memory](https://en.wikipedia.org/wiki/Interleaved_memory)  
<http://www.studytonight.com/computer-architecture/interleaved-memory>

### Quad channel

[https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-channel\\_memory\\_architecture](https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-channel_memory_architecture)  
<https://www.windowcentral.com/four-big-differences-between-ddr3-and-ddr4-ram>

### CAS latency

<http://www.hardwaresecrets.com/understanding-ram-timings/>