

**COLEGIUL TEHNIC „VICTOR UNGUREANU”  
CÂMPIA TURZII**

# **PROIECT**

**PENTRU OBȚINEREA CERTIFICATULUI DE CALIFICARE  
PROFESIONALĂ NIVEL 4**

**TEHNICIAN OPERATOR TEHNICĂ DE CALCUL**

**ABSOLVENT:  
MĂRGINEAN C. RAUL-CRISTIAN**

**COORDONATOR:  
prof. BOTA COSMIN**

**2019 – 2020**

**Caracteristici,  
tipuri constructive  
și parametrii de funcționare  
ale memoriei RAM**

## **Cuprins**

<b>MEMORIU JUSTIFICATIV</b> .....	4
<b>I. Memoria unui sistem de calcul</b> .....	5
<b>II. Memoria RAM - Random Acces Memory</b> .....	6
<b>II.1. Importanța memoriei RAM</b> .....	6
<b>III. TIPURI DE MEMORII RAM</b> .....	7
<b>IV. CARACTERISTICILE UNEI MEMORII RAM</b> .....	11
<b>V. CLASIFICAREA CARACTERISTICILOR UNEI MEMORII RAM</b> .....	12
<b>VI. ALOCAREA MEMORIEI</b> .....	14
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	18

## MEMORIU JUSTIFICATIV

Industria memoriilor este una dintre cele mai dinamice aplicații ale electronicii din zilele noastre. În ultimi ani chip-urile de memorie au avansat într-un ritm alert, ceea ce a dus la o scădere dramatică a pretului/MB. Factorul principal care a dus la creșterea producției fiind cererea de memorie, care a crescut datorită programelor ce utilizează tot mai multă memorie dar și datorită avantajului (din punct de vedere al performanțelor) pe care memoria RAM îl oferă în comparație cu alte tehnologii de stocare a informației. În același timp performanțele noilor module au fost îmbunătățite, au scăzut timpurile de acces iar viteza bus-ului a crescut. Toate aceste caracteristici au fost implementate din cauza mai multor factorii de ordin tehnic, unul dintre aceștia ar fi evoluția procesoarelor, care prin creșterea frecvenței introduc necesitatea creșterii performanțelor pentru memorii. În lungul timpului memoriile au fost construite prin prisma mai multor tehnologii, dintre acestea doar o parte au reușit să se impună pe piață. Principalul motiv fiind, după cum mulți dintre noi cunosc, raportul pret/performanță.

Este puțin probabil ca cineva care a utilizat un calculator să nu fi aflat deja că acesta are memorie. Chiar și persoanele care nu utilizează calculatoare știu acest lucru. Totuși ce este memoria, în afara de ceva care se găsește în orice calculator?

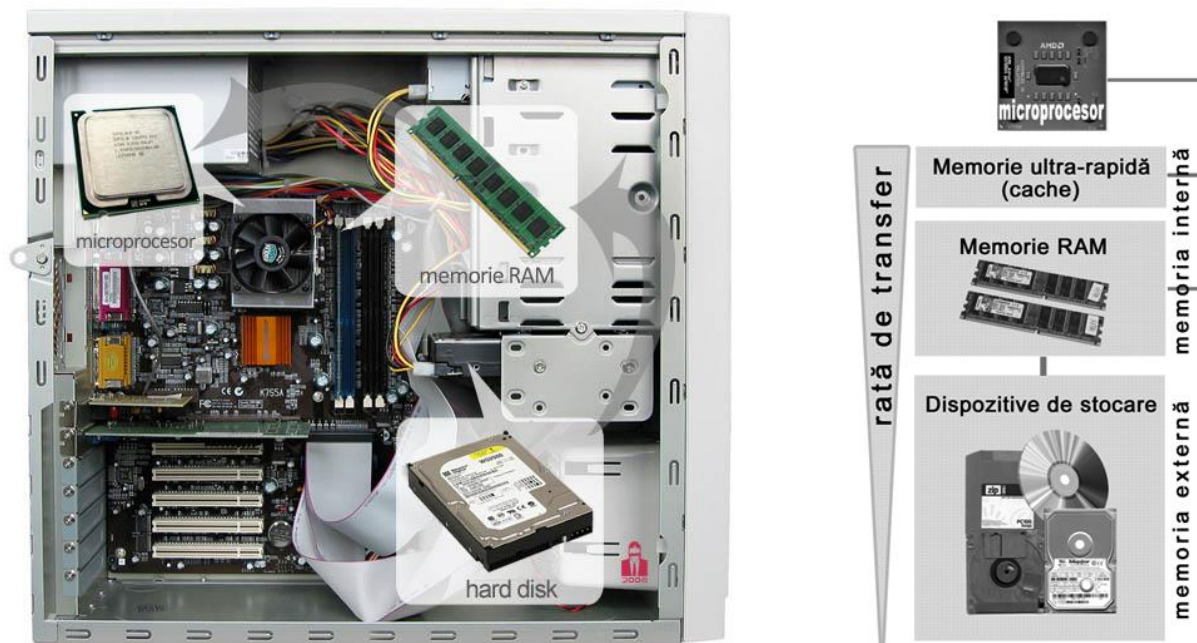
Termenul de memorie poate avea semnificații diferite, atunci când vine vorba de calculatoare prin memorie se înțelege un **mecanism de reținere a datelor ce pot fi utilizate de un echipament electronic.**

## I. Memoria unui sistem de calcul

Memoria unui sistem de calcul este componenta care permite lucrul cu diferitele informații din sistem. Memoria unui calculator poate fi împărțită în două mari categorii:

- memorie internă sau primară
- memorie externă sau secundară

**Memoria internă** este zona de memorie care poate fi accesată în mod direct de către microprocesor. Orice cantitate de date înainte de a putea fi prelucrată de microprocesor trebuie să treacă mai întâi prin memoria internă a calculatorului. **Memoria externă** este formată din diferite dispozitive de stocare ce rețin informația pe termen lung.

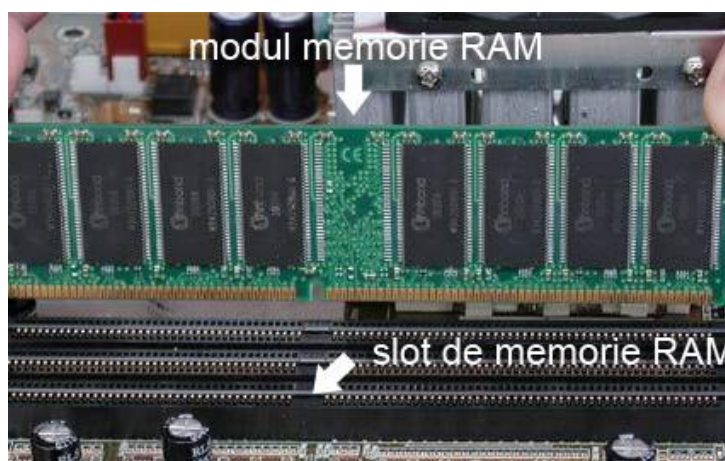


Pentru că totul trebuie să ajungă mai întâi în memoria internă dimensiunea și viteza de lucru a memoriei RAM influențează în mod direct performanțele unui calculator. Acesta este unul și din motivele pentru care memoria internă este adusă de fiecare dată în discuție atunci când trebuie evaluate performanțele unui calculator. Memoria internă este alcătuită aproape în totalitate de „memorie RAM”.

## II. Memoria RAM - Random Acces Memory

RAM este prescurtarea de la Random Acces Memory - adică *memorie cu acces aleator*. Accesul aleator nu se referă la faptul că datele conținute de acest tip de memorie sunt accesate la întâmplare. Caracteristica de accesare aleatorie face referire la posibilitatea de stocare și accesare a datelor într-un mod non-secvențial, ceea ce înseamnă ca orice cantitate de date poate fi accesata în mod direct.

Memoria RAM se prezintă sub forma unor module ca cel din imaginea de mai jos. Aceste module pot fi achiziționate de la magazinele locale și montate pe placa de bază a calculatorului, fie în regie proprie sau cu ajutorul unor “specialiști”.



### II.1. Importanța memoriei RAM

- Memoria RAM este locul în care ajung datele înainte de a fi prelucrate de microprocesor - această memorie este spațiul de lucru al calculatorului.
- Pentru că totul trece prin memoria RAM, capacitatea de stocare a memoriei RAM și rapiditatea acesteia influențează în mod direct performanțele calculatorului.
- Orice software este conceput să funcționeze în prezența unei anumite cantități minime de memorie RAM. Dacă într-un calculator nu se găsește minimumul de memorie RAM cerut de un program - acesta va refuza să pornească sau va funcționa necorespunzător.

- O cantitate insuficientă de memorie RAM poate afecta serios performanțele calculatorului pe ansamblu.
- Mai multă memorie RAM înseamnă performanțe mai bune ale calculatorului, sau cel puțin, așa văd lucrurile o bună parte dintre utilizatorii de calculatoare personale. Nu încercați să vă opuneți acestei păreri generale chiar în unele cazuri dubland cantitatea de memorie nu se va observa practic nicio diferență.

De ce totul trebuie să treacă prin memoria RAM? Iată, care ar fi o parte din variantele posibile:

- Există o înțelegere secretă între producătorii de memorie RAM și producătorii de calculatoare, astfel încât să fiți nevoiți să cumpărați și memorie RAM odată cu calculatorul.
- Calculatoarele s-au obișnuit cu memoria RAM, de ce să se schimbe lucrurile acum.
- Memoria RAM are o viteză de lucru foarte mare în comparație cu restul dispozitivelor de stocare

Acordați-vă un punct dacă ați ales a treia variantă, într-adevăr, memoria RAM este mult mai rapidă decât alte dispozitive de stocare.

Memoria RAM poate furniza date cu rapiditate microprocesorului datorită faptului că este o componentă 100% electronică și nu „beneficiază” de părți în mișcare precum majoritatea dispozitivelor de stocare obișnuite.

Dacă în prezent un hard disk obișnuit poate furniza microprocesorului aproximativ 100 de MB/s de date pe secundă, memoria RAM poate furniza date și la viteze de peste 9000 MB/s în cazul tehnologiei DDR3.

### **III. TIPURI DE MEMORII RAM**

Exista doua tipuri principale de RAM: memorie statica (SRAM = Static RAM) si dinamica (DRAM = Dynamic RAM), diferentele constand in "stabilitatea" informatiilor. Astfel, memoria statica pastreaza datele pentru o perioada de timp nelimitata, pana in momentul in care ea este rescrisa, asemanator unui mediu magnetic. In schimb, memoria dinamica necesita rescrierea permanenta, la cateva fractiuni de secunda, altfel informatiile fiind pierdute. Avantajele memoriei SRAM: utilitatea crescuta datorita modului de functionare si viteza foarte mare; dezavantaj: pretul mult peste DRAM. In realitate, memoria de tip SRAM este folosita eel mai adesea ca memorie cache pe cand DRAM-ul este uzual in PC-urile moderne, fiind prezent in primul rand ca memorie principals a oricarui sistem. De acest din urma tip ne vom ocupa in continuare, enumerand tipurile uzuale de DRAM prezente de-a lungul istoriei, toate concepute in scopul cresterii performantelor DRAM-ului standard: FPM DRAM (Fast Page Mode DRAM), EDO DRAM (Extended Data Out DRAM), BEDO RAM (Burst EDO DRAM), RDRAM (Rambus DRAM), in prezent impunandu-se SDRAM (Synchronous DRAM), cu variantele DDR SDRAM (Double Data Rate SDRAM) si DDR2 SDRAM. De asemenea, pentru placile grafice au fost concepute mai multe tipuri de memorie, printre care VRAM (Video RAM), WRAM (Windows RAM), SGRAM (Synchronous Graphics RAM) si GDDR3, ele fiind variante de DRAM (primele doua), SDRAM si respectiv DDR2 SDRAM, optimizate pentru a fi folosite ca memorie video.

**SRAM** : acest tip de memorie utilizeaza in structure celulei de memorie 4 tranzistori si 2 rezistente. Schimbarea starii intre 0 si 1 se realizeaza prin comutarea starii tranzistorilor. La citirea unei celule de memorie informatia nu se pierde. Datorita utilizari matricei de tranzistori, comutarea intre cele doua stari este foarte rapida.

**DRAM** are ca principiu constructiv celula de memorie formata dintr-un tranzistor si un condensator de capacitate mica. Schimbarea starii se face prin incarcarea/descarcarea condensatorului. La fiecare citire a celulei, condensatorul se descarca. Aceasta metoda de citire a memoriei este denumita "citire distructiva". Din aceasta cauza celula de memorie trebuie sa fie reincarcata dupa fiecare citire. O alta problema, care micsoareaza performantele in ansamblu, este timpul de reimprospatare al memoriei, care este o procedura obligatorie. Reimprospatarea memoriei este o consecinta a principiului de functionare al condensatoriilor. Acestia colecteaza electroni care se afla in miscare la aplicarea unei tensiuni electrice, insa dupa o anumita perioada de timp energia inmagazinata scade in intensitate datorita pierderilor din dielectric. Aceste probleme de ordin tehnic



conduc la cresterea timpul de asteptare (latency) pentru folosirea memoriei. Datorita raspindiri vaste a memoriei de tip DRAM, am sa exemplific modul de functionare a celulei de memorie in baza acestei tehnologii.

Celula de memorie, este cea mai mica unitate fizica a memoriei. Este compusa din componente electronice discrete. Principiul de functionare este in fapt modificarea starii logice Tntre 0 si 1 care la nivel fizic, in functie de tehnologia utilizata, corespunde cu inmagazinarea energiei electrice prin intermediul unui condensator (pentru DRAM), ori cu reconfigurarea matricei de tranzistori (in cazul SRAM).

Celula de memorie din punct de vedere logic este tratat ca fund un bit. Cea mai mica unitate logica adresabila a memoriei este formata din opt biti si ia denumirea byte. Acesta ofera posibilitatea obtineri a 256 combinatii (caractere). Prin gruparea a opt bytes se obtine un cuvint (word). Constructiv, din motive ce tin de design, celulele de memorie sint organizate sub forma unor matrici.

Pentru identificarea si accesarea celulelor de memorie, acestea dispun de o adresa unica pentru fiecare celula in parte. Identificarea celulei de memorie se face prin transmiterea adresei acesteia prin BUS-ul de adrese catre decodorul de adrese (format din decodoare pentru linie si coloana), acesta identifica celula de memorie care corespunde adresei primite si transmite continutul acesteia catre interfata de date iar aceasta mai departe, catre BUS-ul de date.

Magistrala pentru adrese (BUS adrese) este conexiunea intre chipset-ul placii de baza si memorie, aceasta este puntea de legatura prin care adresele sunt transmise catre decodor.

Decodorul de adrese este format din decodorul de linie si eel de coloana, acesta receptioneaza adresa celulei de memorie pe care o imparte in doua, prima parte fiind transmisa catre decodorul de linie iar a doua catre eel de coloana, astfel se identifica celula de memorie corespunzatoare.

Matricea de memorie este structura prin care celulele de memorie sunt ordonate pe linii si coloane.

Interfata pentru date confine un amplificator de semnal, acesta receptioneaza informatiile stocate in celulele de memorie, amplifica semnalul, retnearca memoria si transmite informatia prin BUS-ul de date catre chipset (in cazul in care informatia este citita din memorie). Pentru scriere procedeul se inverseaza.

Magistrala pentru date (BUS date) este conexiunea între chipset-ul plăci de bază și memorie, aceasta oferă posibilitatea transmiterii informațiilor ce trebuie prelucrate de către procesor ori stocate în memorie. În general celulele de memorie nu pot fi accesate individual, din acest motiv, constructiv matricea de memorie este încapsulată într-un chip. Chip-urile de memorie sunt asamblate pe un modul de memorie (circuit imprimat) în număr de opt. Acestea sunt conectate la magistrala de adrese și la cea pentru date. Astfel se obține o celulă de memorie virtuală, formată din 8 biți (1 byte). Modulele de memorie la rândul lor sunt organizate în bancuri de memorie, acestea sunt conectate între ele în același mod ca și chip-urile.

Dacă luăm ca exemplu un procesor ce lucrează pe 16 biți și vechile module de memorie de tip SIMM care funcționau numai în perechi. Ne punem întrebare, de ce cite două?

Acest lucru se întâmplă datorită procesorului, care are nevoie de 16 biți pentru a umple magistrala de date, având în vedere că un modul de memorie definește numai 8 biți, două astfel de module au fost conectate între ele, în acest mod s-a obținut o magistrală pentru date cu lățimea de 16 biți.

Timpul de așteptare, pentru efectuarea tuturor operațiilor ce aduc informația în interfața pentru date este necesar un anumit timp, care este identificat sub numele "latency". Astfel că, pentru transmiterea adreselor între procesor, chipset și memorie se utilizează 2 cicluri de tact. Pentru identificarea celulei de memorie se parcurg două operații. Identificarea liniei din matrice, pentru care avem nevoie de  $2/3$  cicluri (în funcție de calitatea memoriei utilizată), această perioadă se numește RAS (Row Address Strobe) to CAS (Column Address Strobe) delay și identificarea coloanei (CAS latency) pentru care se consumă aproximativ același timp ca și pentru prima operație ( $2/3$  cicluri). Pentru transmiterea informației către interfața de date se consumă 1 ciclu iar pentru ultima operație, transmiterea datelor către chipset și apoi către procesor, încă 2 cicluri.

După transmiterea informațiilor, în cazul în care cererea emisă de procesor este mai mare decât lățimea magistralei pentru date, următoarele cuvinte sunt transmise către procesor în modul rafală "burst mode" la fiecare ciclu de tact, acest lucru este posibil datorită unui numărator intern care identifică următoarea coloană și transmite către amplificator conținutul. Este o memorie din

care se poate citii si pe care se poate scrie. Ca si procesorul si memoriile au o anumita viteza(66, 100, 133Mhz)

Exista mai multe tipuri de memorieRAM:

- EDO care are 32 de pini -SDRAM care are 72 de pini

-RDRAM si DDRAM care sunt deasmena pe 72 de pini dar au viteze de pana la 2400 MHZ.

#### **IV. CARACTERISTICILE UNEI MEMORII RAM**

A. Geometria sau modul de organizare a memoriei reprezentat de lungimea unui cuvint si numarul de cuvinte memorate.

B. Capacitatea memoriei; reprezentand numarul total de biti ce pot fi memorati; se exprima in general in multipli de  $1k = 1024$  de biti.

C. Timpul de acces la memorie; se exprima in [us] sau [ns] reprezentand timpul necesar pentru citirea sau scrierea unor informatii in memorie.

D. Puterea consumata; pentru caracterizarea din acest punct de vedere a unei memorii, se foloseste puterea consumata raportata al un bit de informatie, respectiv raportul dintre puterea totala consumata de circuit si capacitatea acestuia; se masoara in [uw/bit].

E. Volatitatea, o memorie este volatila daca informatia inscrisa se pierde in timp; pierderea informatiei se poate datora fie modului de stocare a acesteia (memoriei dinamice fie datorita disparitiei tensiunilor de alimentare ale circuitului.

Stergerea informatiei din celula se face astfel: se aplica tensiunea pozitiva (+20 V) pe linia de selectie cuvant punand in conductie tranzistorul T. Drena acestuia se conecteaza la potential zero si se aplica +20V pe linia de programare. Datorita campului electric intern mare.

Electronii care trece din substrat prin efect tunel si se acumuleaza in grila izolata, formand o sarcina negativa.

Inscrierea informatiei in celula se face aplicand +20V pe linia selectie cuvant (WL) si +18V in drena tranzistorului in timp ce linia de programare este la potential zero. Campul electric format intre grila si substrat (substrat, grila) smulge electroni din grila a doua, aceasta acumuleaza sarcina pozitiva si tranzistorul intra in conductie prin formarea canalului "n" intre drena si sursa.

## **V. CLASIFICAREA MEMORII RAM**



## **CARACTERISTICILOR UNEI**

In functie de modul de utilizare in raport cu un sistem de calcul a acestor memorii avem urmatoarele tipuri de functii de memorare:

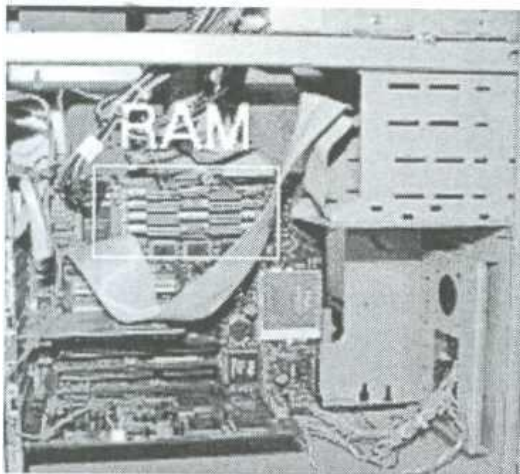
1. Functia de memorare cu citire si scriere de date; in aceasta categorie intra asa numitele memorii cu acces aleator RAM (Random Acces Memory) care permit citirea si inscrierea unor noi date de catre sistemul care le utilizeaza, precum si memoriile EEPROM

(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) care pot fi atat citite cat si sterse in mod selectiv si programate de catre sistemul care le utilizeaza.

2. Functia de memorare numai cu citire de date; in aceasta categorie

intra memoriile ROM (Read Only Memory), PROM (Programable Read Only Memory), EPROM (Erasable Programable Read Only Memory) care pot fi numai citite de catre sistemul care le utilizeaza; stergerea posibila numai in cazul memoriilor de tip EPROM.

Nu este efectuata de catre sistemul utilizator si nu este selectiva in raport cu informatia inregistrata.



Asa cum este usor de observat regasirea unei informatii stocate necesita

furnizarea unor semnale privind locul unde se gaseste aceasta informatie. Aceste semnale constituie intrari pentru circuitul de memorie si se numesc adrese. Numerele binare memorate constituie date pentru acest circuit si ele sunt semnale de intrare atunci cand se citeste din memorie. In final trebuie sa precizam ca accesul la memorie se face la un moment de timp bine

determinat, moment necesar a fi comunicat printr-un semnal circuitului de memorie. Trebuie sa precizam ca transferul de date este bidirectional (datele intra si ies din circuit) in cazul memoriilor RAM si EEPROM si unidirectional (datele ies din circuit) in cazul memoriilor ROM, PROM si EPROM.

Initial toate fuzibilele memoriei sunt scurtcircuitate. Programarea unei celule inseamna arderea fuzibilului din nodul respectiv. Pentru programare se aplica impuls pozitiv pe baza, iar linia de bit DL se mentine la potential coborat. Curentul de emitor al tranzistorului, suficient de mare, produce arderea fuzibilului F. Programarea se face succesiv pe fiecare celula, selectia unei celule facandu-se prin liniile WL si DL.

## **Nucleul: alocarea de memorie**

Un alt alocator se afla in nucleul sistemului de operare. Asa cum am spus deja, acest alocator gestioneaza atat spatiul folosit in structurile de date interne nucleului, cit si spatiu necesar proceselor care se executa. Interactiunea dintre feluritele alocatoare de memorie din nucleu. Alocatorul de pagini gestioneaza intreaga memorie fizica a masinii. El genereaza spatiu atat pentru procese (unitatea de baza fund pagina), cit si memorie pentru alocatorul intern al nucleului. Sagetile indica schimb de spatiu de memorie intre componente.

Subiectul acestui articol este cutiuta etichetata "alocatorul intern al nucleului", desi multe din principiile indicate se aplica si celorlalte entitati. Aceste alocatoare sunt mult mai constrinse decit alocatoarele din spatiul utilizatorului; in particular trebuie sa aiba timpi de raspuns foarte mici, pentru ca pot fi chemate de parti critice din nucleu.

Cele trei alocatoare interactioneaza permanent: cind nucleul nu mai are destule zone pentru propriile lui date cere noi pagini de la alocatorul de pagini. Cind procesele utilizatorilor mor, paginile lor sunt preluate de alocatorul de pagini. Cind alocatorul de pagini are putine resurse disponibile, el poate cere alocatorului intern sa returneze din memoria pe care nu o folosește in acel moment, etc..

## **VI. ALOCAREA MEMORIEI**

Ce este de fapt alocarea memoriei? Calculatorul poseda din fabricate o anumita cantitate de memorie (RAM). In memorie vor fi incarcate mai multe programe si datele prelucrate de ele: nucleul sistemului de operare, datele acestuia, programele utilizatorilor si datele asupra carora acestea opereaza, datele citite de la dispozitivele periferice, pachetele de date care vin si merg in retea in care calculatorul este conectat, bibliotecile incarcate dinamic, etc. O singura bucata mare de memorie (RAM-ul) trebuie impartita intre toate aceste entitati lacome, in asa fel incit sa nu se incomodeze unele pe altele. Entitatea care gestioneaza memoria, tine contabilitatea zonelor ocupate

și a celor libere, care satisface cererile pentru noi zone și care re-utilizează zonele eliberate este alocatorul de memorie.

Alocarea memoriei este de obicei o treabă ierarhică; la baza ierarhiei se află sistemul de operare, care are la dispoziție întregul RAM. Sistemul de operare da feluritelor programe ale utilizatorilor porțiuni de memorie. La rândul lor, fiecare din programe gestionează bucata primită de la nucleu pentru nevoile sale interne.

### **Incompatibilitati**

Trebuie știut că fiecare generație de memorie RAM se deosebește electric și fizic față de generația anterioară. În practică aceasta înseamnă că nu putem folosi simultan două tipuri de memorii RAM din generații diferite, de exemplu SD-RAM împreună cu DDR-RAM sau DDR2 împreună cu DDR3. De asemenea, nu vom putea introduce un modul de memorie DDR2 într-un slot de memorie DDR datorită existenței unui element de protecție cunoscut și sub denumirea de “cheie”.

Cheia reprezintă o cavitate la baza modului de memorie poziționată diferit de la o generație la alta care permite introducerea unui modul de memorie doar în poziția corectă și doar într-un slot de memorie compatibil.



### **ECC vs NON-ECC**

Tot la capitolul incompatibilitati trebuie să amintim și de memoriile ECC. Acestea se deosebesc de memoriile obișnuite prin aceea că suportă un mecanism de corectare a erorilor -error-correcting code. Acest tip de memorii echipează în mod special serverele iar prețul per megabait este sensibil mai mare. Pentru utilizatorii obișnuiți achiziția de memorii ECC mai scumpe nu

prezinta foarte mult interes motiv pentru care placile de baza obisnuite (destinate in special calculatoarelor ieftine) nu suporta acest tip de memorii.

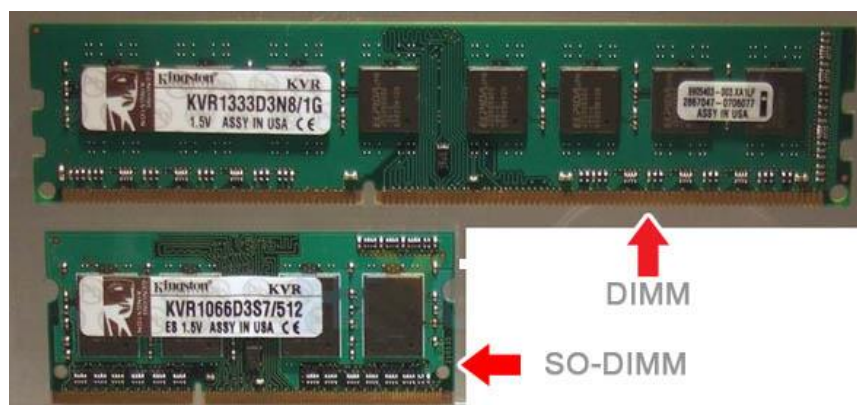
Mai trebuie mentionat si faptul ca acest tip de memorii nu pot functiona alaturi de o memorie obisnuita non-ECC.



### DIMM vs SO-DIMM

Memoria RAM destinata calculatoarelor personale de tip desktop este in acest moment in format **DIMM** (dual in-line memory module). Acest format a inceput sa inlocuiasca cu succes formatul **SIMM** (single in line memory module) odata cu aparitia calculatoarelor echipate cu procesoare Pentium. Memoriile in format DIMM indiferent ca sunt de tip SDR, DDR, DDR 2 sau DDR 3 au aceeasi lungime de 13.35 CM.

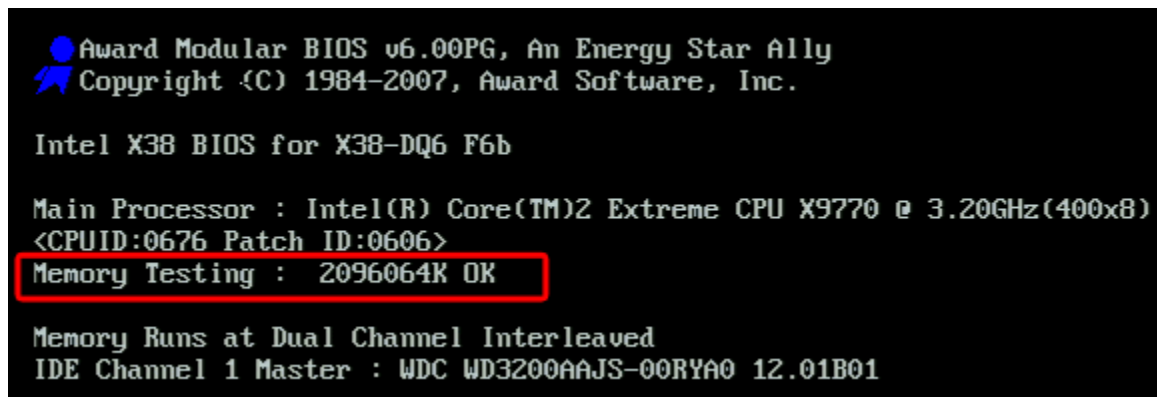
Memoriile in format **SO-DIMM** ( Small Outline - DIMM) sunt destinate calculatoarelor portabile si au dimensiunile reduse cu aproape 50%. Pentru a reduce consumul de energie, factor critic în economia unui sistem portabil, memoriile SO-DIMM ruleaza in general la frecvente mai scazute fata memoriile folosite pentru desktop-uri.



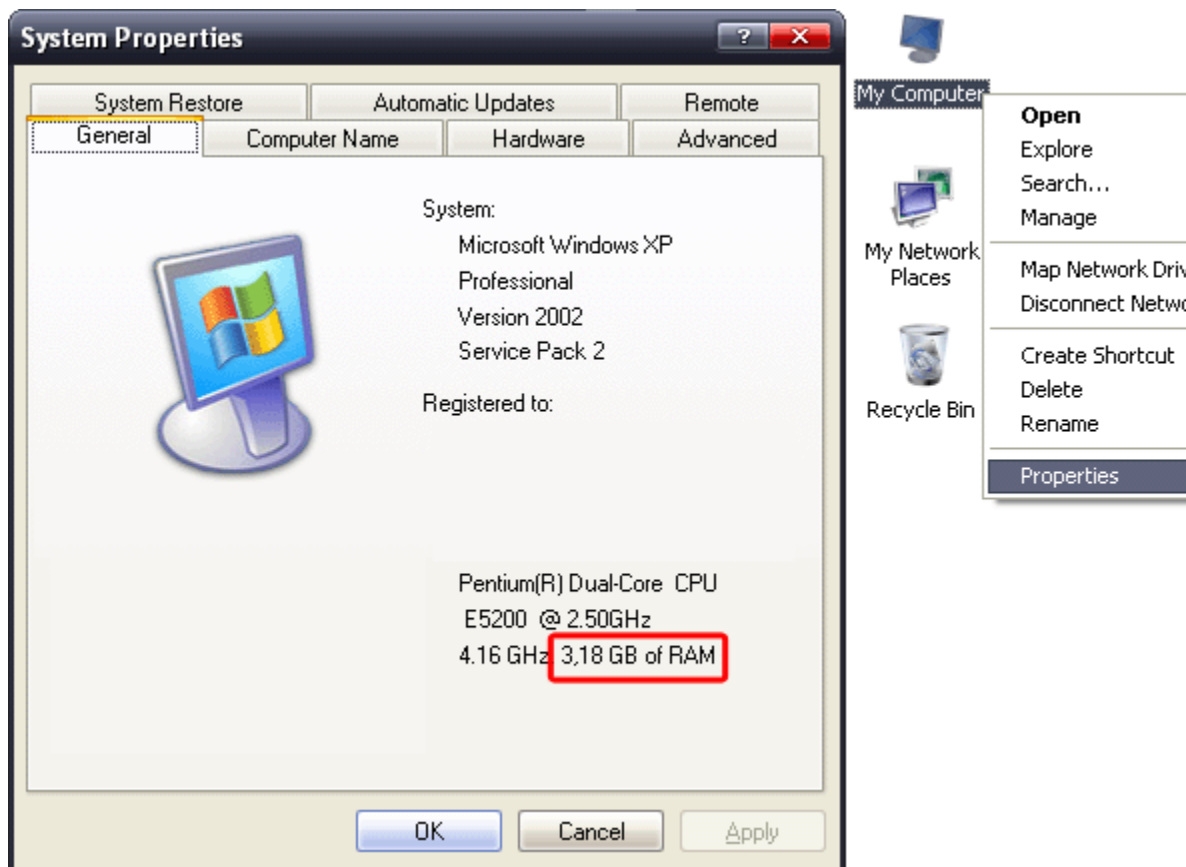
**Cata memorie RAM am eu?**



In mod traditional capacitatea memoriei RAM este afisata la pornirea calculatorului. Capacitatea memoriei este exprimata în general în kilobaiti, de exemplu in imaginea de mai jos 2096064K se refera la 2 GB de RAM.



Putem verifica capacitatea memoriei RAM si din Windows. Pentru aceasta trebuie sa accesam dialogul System properties. Cel mai simplu mod de a accesa dialogul System properties este de a face un clic dreapta pe iconita *My Computer* dupa care selectam *Properties*. (si mai simplu este daca retinem ca acelasi lucru obținem si prin combinatia de taste Windows + Pause)



### Memoria RAM si capacitatea maxima

Capacitatea maxima a emoriei RAM dintr-un calculator este limitata de urmatoorii factori:

- capacitatea maxima adresabila suportata de chipsetul placii de baza
- tipul procesorului folosit 32/64 bit
- arhitectura sistemului de operare
- si in sfarsit numarul de sloturi de memorie ram cu care este echipata placa de baza (in general variaza intre 2 si 6 sloturi)

Un calculator personal echipat cu hardware si software de ultima generatie poate avea la dispozitie si pina la 16GB de RAM.

Un calculator obisnuit ce ruleaza un sistem de operare pe 32 bit precum Windows XP sau Windows Vista poate accesa 4GB RAM (3,2 GB in practica).

Calculatoarele mai vechi pot adresa fie maxim 128/256/512MB RAM (gama Pentium, K5/K6) fie 1024 MB (1GB) sau mai mult incepand cu generatia Pentium II.

## BIBLIOGRAFIA

1. Scott Mueller, **PC depanare si modernizare - editia a VI-a**, Editura Teora, Bucuresti, 2006
2. Emanuela Cerchez, Marinel Șerban, **PC pas cu pas (editia a II-a revizuită și adăugită)** -Editura Polirom, Bucuresti, 2005
3. Winn Rosch, **Totul despre Hardware**, Editura Teora, Bucuresti 2001

Site-uri:

- [www.computersales.ro](http://www.computersales.ro)

- [www.muntealb.com/manual](http://www.muntealb.com/manual)

- [www.facultate.regielive.ro](http://www.facultate.regielive.ro)

