

Hijerarhija memorija

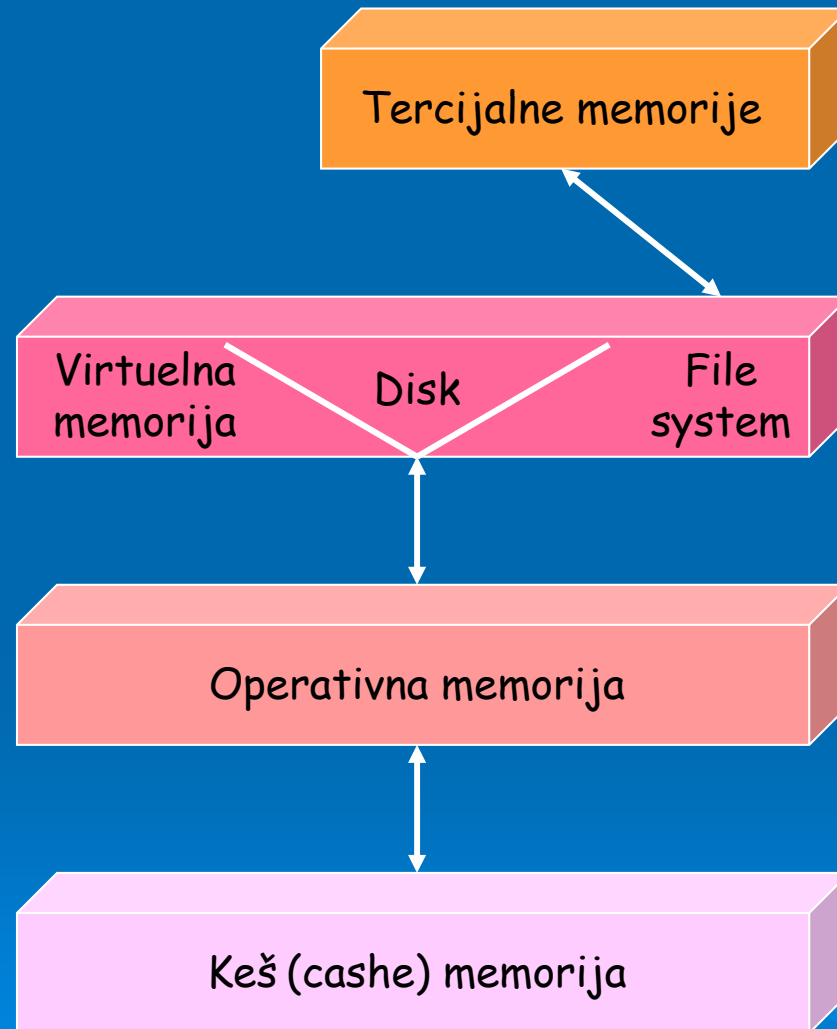
- **Memorija** je tehnički gledano, bilo koja forma elektronskog uređaja za skladištenje podataka.
- U praksi, pod ovim pojmom se najčešće podrazumevaju brzi uređaji za privremeno skladištenje podataka, a naziv nekih od njih postli su integralni deo našeg vokabulara:
 - RAM
 - ROM
 - Cache
 - Dynamic RAM
 - Static RAM
 - Flash memory
 - Memory Sticks
 - Virtual memory
 - Video memory
 - BIOS



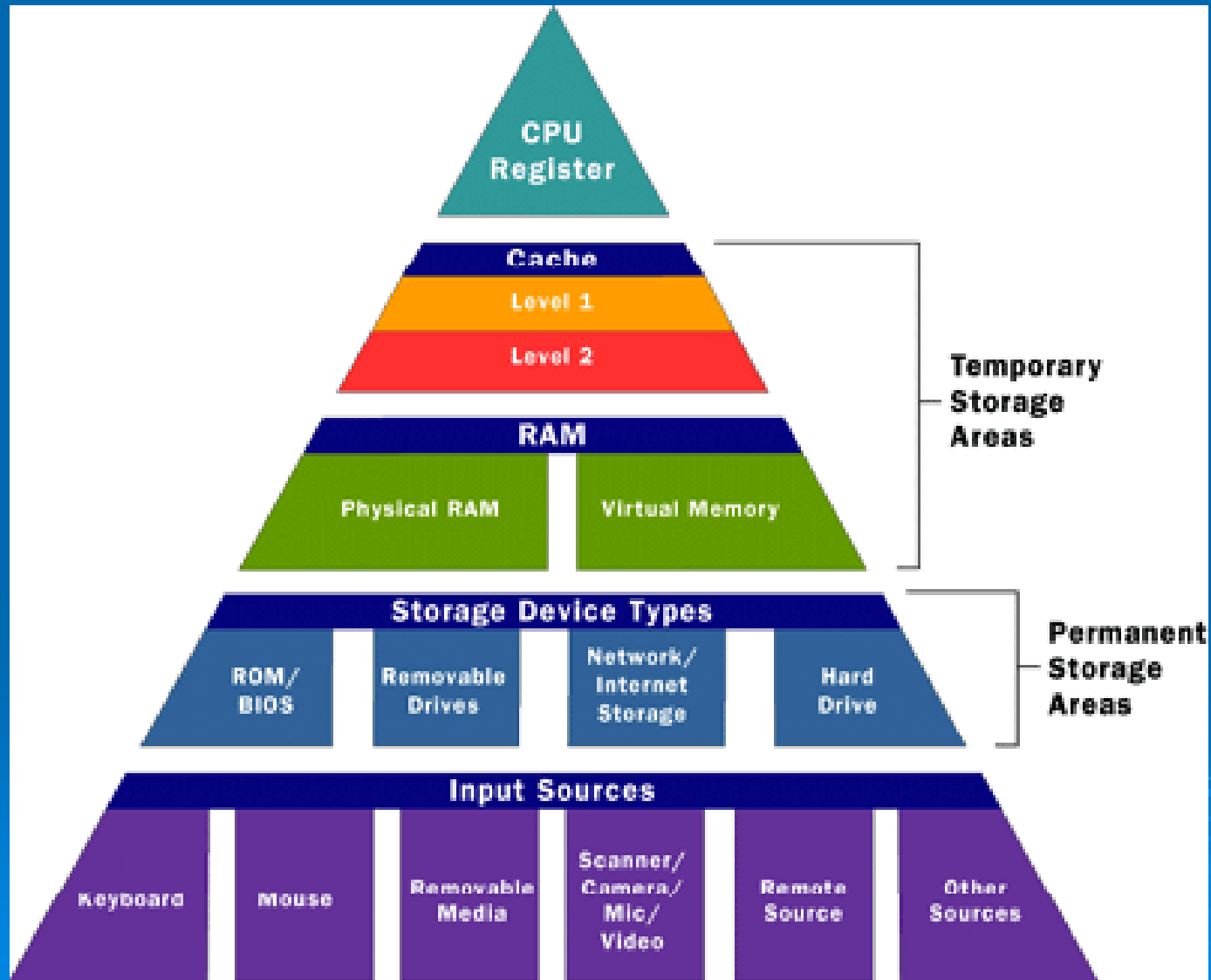
Hijerarhija memorija

- Sve komponente računarskog sistema, kao što su CPU, fiksni disk, operativni sistem i dr. rade zajedno kao tim, a **memorija** je svakako jedan od ključnih elemenata tog tima.
- Uobičajeni računarski sistem ima veći broj komponenti koje mogu da memorišu podatke i one se razlikuju po većem broju karakteristika.
- **Kapaciteti** ovih komponenti i **brzine pristupa** se razlikuju međusobno (raspon reda veličine sedam ili više), dok razlika u **ceni koštanja** takođe postoji, ali je nešto manje izražena (raspon reda veličine 3 između najskupljeg i najjeftinijeg uređaja).

Hijerarhija memorija



Hijerarhija memorija



Hijerarhija memorija

- Od trenutka kada se uključi računar, sve do gašenja istog, CPU neprekidno koristi memoriju pri svom radu.

- Tipični scenario izgleda ovako:
 1. Uključujemo računar.

 2. Računar učitava podatke iz **read-only memory (ROM)** i izvodi testiranje sistema (**power-on self-test - POST**) kako bi proverio da li sve ključne komponente funkcionišu bez problema. Kao deo ovog testa, kontroler memorije proverava sve memorijske adrese brzim **read/write** operacijama kako bi se ustanovilo da li ima grešaka u memorijskim čipovima.

Hijerarhija memorija

3. Računar učitava **basic input/output system (BIOS)** iz ROM-a. BIOS obezbeđuje osnovne informacije o uređajima za skladištenje podataka, nizu operacija koje se izvode pri startovanju sistema (**boot sequence**), sigurnosti, **Plug and Play** funkcijma (automatsko prepoznavanje uređaja) i još par drugih detalja.
4. Računar učitava operativni sistem (**operating system - OS**) sa hard diska u **RAM (random access memory)**. Uobičajeno, ključni deo OS ostaje u RAM-u sve vreme rada računara. Ovo omogućava CPU-u da ima direktan pristup OS-u što poboljšava performanse i funkcionalnost celog sistema.

Hijerarhija memorija

5. Kada pokrenemo neku aplikaciju, ona se učitava u RAM. Zbog uštede korišćene RAM memorije, mnoge aplikacije inicijalno učitavaju samo ključni deo programa, a potom učitavaju i delove koji su neophodni.
6. Nakon što je aplikacija učitana, svi fajlovi koji se otvore za korišćenje u toj aplikaciji učitavaju se u RAM.
7. Kada sačuvamo fajl i zatvorimo aplikaciju, fajl je memorisan na zadatom memorijskom uređaju (npr, hard disk), a potom se fajl i aplikacija izbacuju iz RAM-a. **Ukoliko fajl nije zapamćen na permanentnoj memoriji podaci se trajno gube!**

Hijerarhija memorija

- Kao što možemo da primetimo iz prethodne liste, svaki put kada se nešto učitava ili otvori, to se smešta u RAM - privremenu memoriju računara - tako da CPU može jednostavno da dođe do tih podataka.
- CPU preuzima neophodne podatke iz RAM-a, obrađuje ih i nove podatke upisuje ponovo u RAM, sve u kontinualnom ciklusu.
- Kod većine računara, prebacivanje podataka između CPU i RAM-a dešava se više miliona puta svake sekunde.

Hijerarhija memorija

- Tipičan računar poseduje:
 - Level 1 i level 2 keš (cache)
 - Sistemski RAM
 - Virtualnu memoriju
 - Hard disk

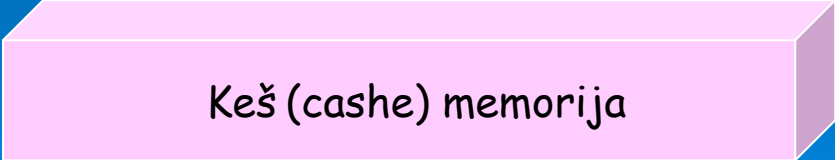


Hijerarhija memorija

- Zašto nam je potrebno toliko različitih tipova memorije?
- Brzim i moćnim procesorima potreban je jednostavan i brz pristup velikim količinama podataka kako bi maksimizirali performanse. Ukoliko CPU ne može da dobije brzo podatke koji su mu potrebni za obradu, on će praktično da stane i čeka na njih.
- Savremeni CPU-i koji rade na brzinama od preko 1 GHz mogu da obrade veliku količinu podataka - potencijano milijarde By u skundi. Kada bi memorija pratila tolike količine podataka, ona bi bila ekstremno skupa.
- Dizajneri računara su ovaj "troškovni problem" rešili podelom memorija - skupe memorije se koriste u malim količinama, dok se nedostatak nadoknađuje korišćenjem većih količina jeftinije memorije.

Cache memorija

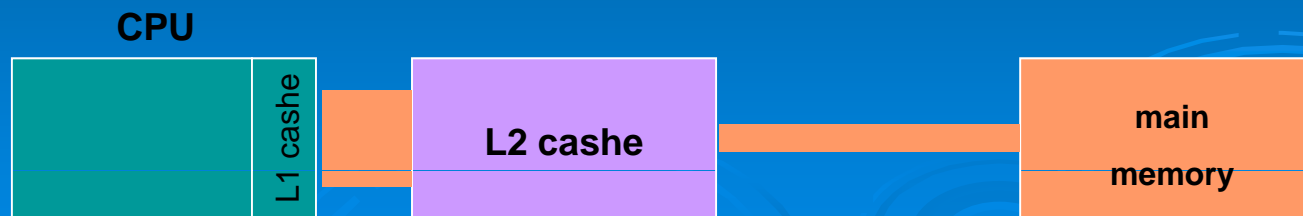
- Na najnižem nivou hijerarhije nalazi se **cache (keš) memorija** - privremena memorijska zona dizajnirana da ubrza transfer podatak u računaru.
- **Cache memorija** je dizajnirana sa ciljem da omogući da podaci koje CPU najčešće koristi, budu trenutno dostupni. Time se prevazilazi "usko grlo" u transferu podataka iz RAM-a u CPU.
- Ovo se postiže ugrađivanjem relativno malog bloka veoma brze memorije, poznatije kao **level 1 cache**, direktno u CPU.



Keš (cache) memorija

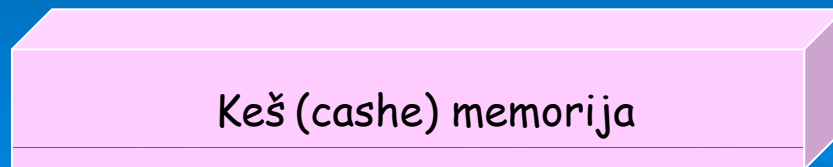
Cashe memorija

- **Level_1 (L1, on-board, primary) cashe** - veoma mali blok memorije, uobičajeno između 2 i 64 KB (~128 KB); nalazi se na istom čipu kao i mikroprocesor; to je najbrži vid memorije; povećava njegovu cenu.
- **Level_2 (L2) cashe** - nalazi se na posebnom čipu pored CPU; ima direktnu vezu sa CPU; posebno integralno kolona matičnoj ploči, **L2 kontroler**, kontroliše korišćenje L2 keš memorije od strane CPU; sporija je i jeftinija od L1 cashe memorije, skuplja je i znatno brža od OM; kapacitet varira od 256 KB do 2 MB; mnogi CPU visokih performansi sada imaju level 2 keš ugrađen na čipu procesora - u tom slučaju posebni čip sa cashe memorijom postaje **L3 cashe**.



Cache memorija

- Podaci i mašinske instrukcije u keš memoriji predstavljaju kopije odgovarajućih lokacija u operativnoj (primarnoj) memoriji - svaka vrednost u keš memoriji, u svakom trenutku vremena, odgovara jednoj lokaciji u operativnoj memoriji.
- Ponekad, vrednosti u keš memoriji se menjaju, dok se odgovarajuća promena u operativnoj memoriji odlaže za kasnije.



Cache memorija

- Keš možemo posmatrati kao selektivnu memoriju: podaci i instrukcije koji se nalaze u keš memoriji su oni koji su poslednji korišćeni ili oni koji se najčešće koriste.
- Kada procesor po prvi put zatraži neki podatak ili instrukciju:
 - isti se traže u OM; pristup OM je spor sa stanovišta brzine rada CPU
 - podaci/instrukcije se potom kopiraju u keš memoriju.
- Kada procesor sledeći put zatraži iste podatke/instrukcije:
 - prvo ih potraži u keš memoriji
 - podaci/instrukcije koji se najčešće koriste najverovatnije će biti u keš-u
 - ukoliko su tamo, prenose se u CPU brzinom znatno većom od brzine prenosa iz OM

Cache memorija

Cache memorija

- Keš memorija nije dovoljno velikog kapaciteta da bi čuvala sve neophodne podatke pa traženi podaci/instrukcije često nisu u keš memoriji
- Promena sadržaja keš memorije je neophodna:
 - ukoliko podaci koji se izbacuju iz keš memorije nisu bili promenjeni za vreme dok su bili u kešu, tada nije potrebno raditi ništa
 - ukoliko su, međutim, podaci koji se izbacuju iz keša bili promenjeni, tada je neophodno iskopirati novu vrednost u odgovarajuću lokaciju u operativnoj memoriji
- Jedinica transfera podataka između keš i operativne memorije je "mali" broj bajta.



Cache memorija

Cashe memorija

➤ Osnovne karakteristike cashe memorije:

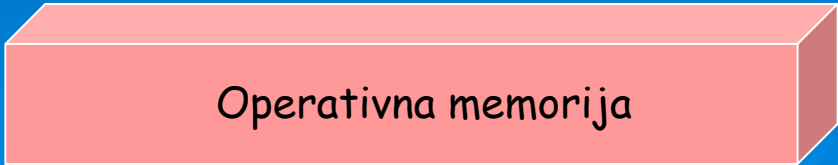
- **kapacitet:** do 2 MB
- **transfer podataka između cashe memorije i CPU** odvija se brzinom izvršavanja instrukcije procesora - uobičajeno nekoliko nanosekundi ($ns=10^{-9}$ sec) kod L1 keš memorije, odnosno brzinom od oko 30 ns kod L2 keš memorije.
- **transfer podataka između cashe memorije i OM** - traje znatno duže, približno oko 60 ns.



Cashe memorija

Operativna memorija

- Na sledećem nivou hijerarhije nalazi se **operativna memorija** - sve što se dešava u računaru: izvršavanje instrukcija, manipulacija sa podacima, odvija se na bazi informacija koje se nalaze u operativnoj memoriji.
- **Operativna memorija** je deo računarskog sistema koji čuva podatke/instrukcije koji se trenutno obrađuju.
- Koriste se termini: **primary storage, primary memory, main storage, internal storage, main memory**
- Proizvođači najčešće koriste termin **RAM - random access memory**



Operativna memorija

Operativna memorija

- Blisko je povezana sa CPU ali nije njegov deo već je odvojena.
- OM čuva podatke/instrukcije samo onoliko dok su oni neophodni radi obrade; čuvanje istih u OM kada se program ne izvršava nije pogodno iz sledećih razloga:
 - većina vrsta OM čuva podatke samo dok je računar uključen, kad se ugasi gube se
 - ukoliko se izvršava više programa istovremeno, jedan program ne može imati ekskluzivno pravo na OM - u njoj nema dovoljno mesta za sve podatke/instrukcije
 - sekundarne memorije su znatno isplativije za smeštanje velikih količina podataka

Operativna memorija

Operativna memorija



- CPU ne može da obradi podatke direktno sa ulaznih uređaja ili sa sekundarnih memorija - podaci moraju biti prvo dostupni u operativnoj memoriji.
- Upravljačka jedinica CPU šalje podatke/instrukcije sa spoljnih uređaja ili sekundarnih memorija u OM, a potom kada nastupi pravo vreme iste šalje u ALJ gde se izvode neophodne aritmetičke/logičke jedinice.
- Nakon obrade rezultati se ponovo upisuju u operativnu memoriju.

Operativna memorija

Operativna memorija

- Brzina RAM-a uslovljena je brzinom i širinom magistrale (bus-a).
- Širina bus-a predstavlja broj bitova koji se istovremeno mogu poslati CPU, dok brzinu bus-a određuje broj koliko se puta grupa bitova može poslati u jednoj sekundi. Ciklus bus-a nastupa svaki put kada podaci putuju od memorije ka CPU.
- Na primer, 66-MHz, 16-bitni bus može da pošalje 2 By podataka 66 miliona puta u sekundi; 100-MHz 32-bitni bus teoretski može da pošalje 4 By (32 bita) podataka ka CPU 100 miliona puta u sekundi (u drugom slučaju tri puta više podataka - 400 miliona By naspram 132 miliona By u svakoj sekundi).

Operativna memorija

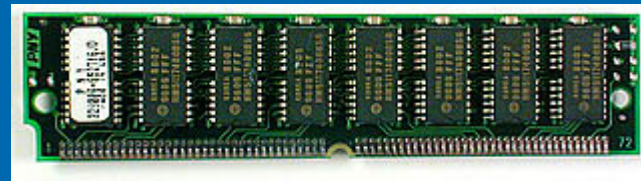
Operativna memorija

- Osnovne karakteristike operativne memorije:
 - **brzi pristup podacima/instrukcijama** bez obzira gde se oni nalaze u OM - moguće je "uzeti" bilo koji bajt iz OM za isto vreme (random access)
 - uobičajeni **kapacitet** kod PC računara: od 128MB/256MB, sve do 10GB
 - tipično **vreme pristupa** podacima u OM - od 10ns do 100ns (od 10^{-8} do 10^{-7} sec)

Operativna memorija

Operativna memorija

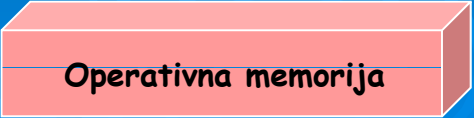
- Većina savremenih računara koristi poluprovodničke (semiconductor) memorije koje imaju niz prednosti:
 - pouzdanost
 - kompaktnost
 - niska cena
 - mali utrošak energije
- Poluprovodničke memorije zahtevaju kontinualni napon električne energije da bi mogle da čuvaju podatke, u suprotnom gube podatke (volatile).



Operativna memorija

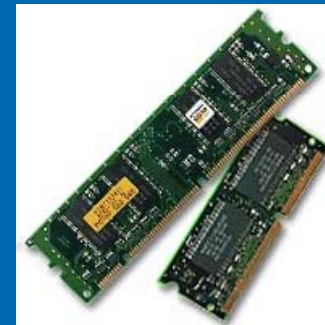
Operativna memorija

- Prave se od hiljada veoma malih električnih kola koja se smeštaju na silikonski čip. Za čip se kaže da je **monolitski** pošto sva strujna kola na jednom čipu zajedno čine nedeljivu jedinicu memorije.
- Svako kolo na čipu može biti u jednom od dva moguća stanja može provoditi električnu struju ili ne - on ili off. Ova dva stanja se mogu koristiti za predstavljanje binarnih cifara - 1 ili 0.
- Značajan način izrade poluprovodnika koji se karakteriše malom potrošnjom električne energije - **CMOS (complementary metal oxide semiconductor)**.



Operativna memorija

RAM memorija



- **Random access memory (RAM)** je najpoznatija forma memorije računara.
- RAM čuva instrukcije i podatke koje neki program trenutno koristi.
- Naziva se memorija sa slučajnim pristupom ("**random access**") zato što je moguće pristupiti bilo kojoj memorijskoj ćeliji direktno, ukoliko su poznati red i kolana koji se seku u toj ćeliji.
- Podacima u memoriji se pristupa za približno jednako vreme, bez obzira gde se oni nalaze, uvek na jednostavan i brz način.

Operativna memorija

RAM memorija

- Slično kao i kod mikroprocesora, memorijski čip je integralno kolo (IC) koje se sastoji od miliona tranzistora i kondenzatora.
- RAM se najčešće javlja u dva oblika:
 - SRAM (static RAM)
 - DRAM (dynamic RAM)



Operativna memorija

DRAM memorija

- Kod najčešćeg vida memorije **DRAM**-a tranzistor i kondenzator su upareni u memorijsku ćeliju, koja predstavlja jedan bit podataka.
- Kondenzator čuva bit podataka -- 0 ili 1. Tranzistor služi kao prekidač koji omogućava elektronicima na memorijskom čipu da pročita podatak iz kondenzatora ili da mu promeni stanje.
- Kondenzator se onaša kao mala posuda koja može da skladišti elektrone. Da bi skladištio 1 u memorijskoj ćeliji, potrebno je posudu ispuniti elektronima. Za memorisanje 0, posudu je potrebno isprazniti.



Operativna memorija

DRAM memorija

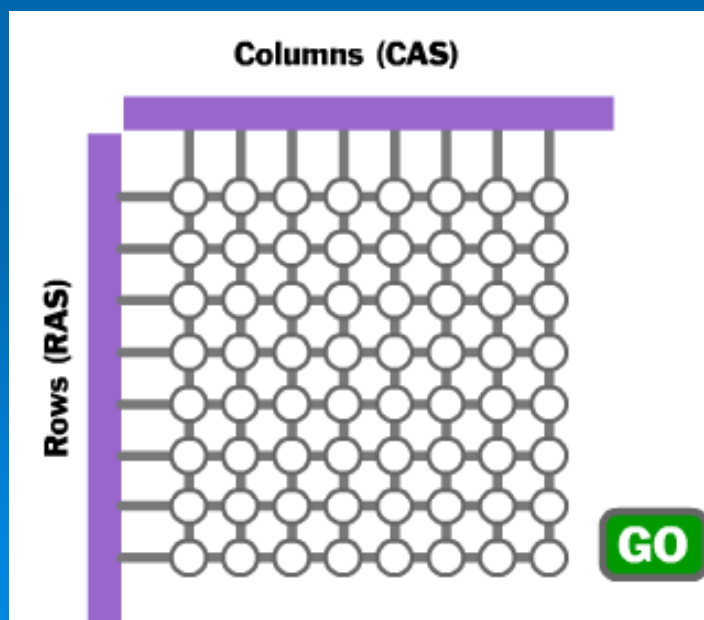
- Problem sa kondenzatorom je taj što je njegova "posuda" bušna. U nekoliko milisekundi, sadržaj se isprazni.
- Da bi DRAM memorija mogla da funkcioniše, CPU ili kontroler memorije moraju da intervenišu i da ponovo popune sve ćelije koje su sadržavale 1 i to pre nego što se one isprazne.
- Da bi ovo bilo moguće, kontroler čita memoriju i osvežava je. Operacija **osvežavanja** (**memory refresh**) se automatski ponavlja hiljadama puta u sekundi.



Operativna memorija

DRAM memorija

- Memorija se sastoji od bitova uređenih u dvodimenzionu mrežu. Kolone se nazivaju **bitlines**, a redovi **wordlines**. Presek reda i kolone određuje adresu memorijske ćelije.
- DRAM funkcioniše tako što šalje napon kroz odgovarajuću kolonu (CAS) kako bi aktivirao tranzistor svakog bita u toj koloni.



Operativna memorija

SRAM memorija

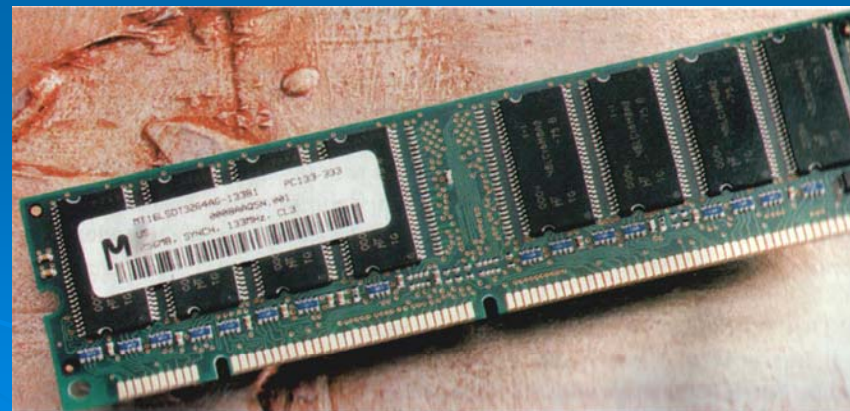
- **Statički RAM (SRAM)** koristi potpuno drugačiju tehnologiju.
- **Flip-flop** prekidači čuvaju po jedan bit memorije. Flip-flop memorijska ćelija se sastoji od četiri ili šest tranzistora i ne mora da se osvežava.
- SRAM memorija je znatno brža, ali zbog broja komponenti zauzima više prostora na čipu.
- Na taj način na memorijskom čipu se nalazi znatno manje memorije što SRAM čini višestruko skupljom memorijom.
- SRAM se koristi za brzi keš CPU-a.



Operativna memorija

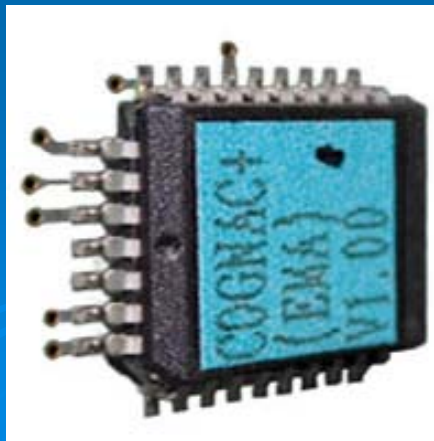
OM - memorijske komponente

- Memorije se uobičajeno "pakuju" na pločice koje se nazvaju **SIMM (single in-line memory module)** ili **DIMM (dual in-line memory modul)**, u zavisnosti od toga da li se memorijski čipovi nalaze samo sa jedne ili sa obe strane pločice.
- Dizajn matične ploče određuje maksimalnu količinu memorije koja se može instalirati na računaru.



ROM memorija

- **Read-only memorija (ROM)**, poznata i kao **firmware**, je integrisano strujno kolo programirano specifičnim podacima prilikom proizvodnje.
- **ROM** sadrži programe i podatke koji su permanentno zapamćeni u ovom vidu memorije u fabrici.
- ROM čipovi se koriste ne samo u računarima, već i kod većine drugih elektronskih uređaja.



Operativna memorija

ROM memorija

- Podaci iz ROM-a se mogu čitati i koristiti, ali ne mogu biti promenjeni od strane korisnika.
- Na primer boot rutina koja se aktivira pri startovanju računara smeštena je u ROM.
- Sadržaj ROM memorije se ne gubi kada se računar ugasi - **nonvolatile** .
- Korišćenjem specijalnih uređaja (**ROM burners**) moguće je menjati instrukcije kod nekih ROM čipova - **PROM** - **programmable read-only memory**.

Operativna memorija

ROM memorija

➤ Postoji pet osnovnih vrsta ROM memorija:

- ROM
- PROM
- EPROM
- EEPROM
- Flash memory



Operativna memorija

ROM memorija

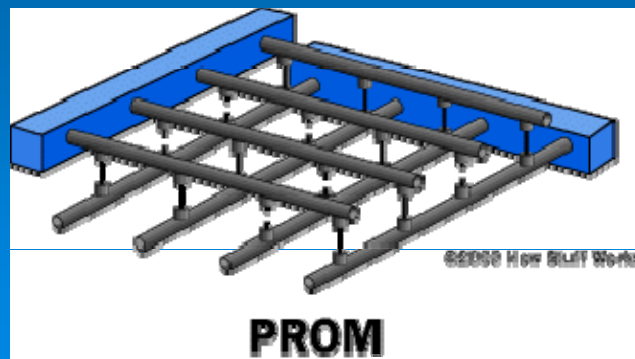
- Slično RAM-u, **ROM čipovi** se sastoje od mreže linija i kolona. Razlika je u tome što se ćelije u preseku redova i kolona sastoje od **dioda** (propuštaju napon samo u jednom smeru) koje povezuju linije ukoliko je vrednost 1, dok za vrednost 0 linije nisu povezane.
- ROM čip zahteva kompletne i ispravne podatke u procesu izrade. Standardni ROM čip se ne može reprogramirati.
- Kada se ispravni podaci unesu u ROM čip, on će koštati samo nekoliko centi.
- ROM čipovi su izuzetno pouzdani i mali su potrošači struje.



Operativna memorija

PROM memorija

- Izrada ROM čipova od početka je vremenski zahtevan i skup proces kada se radi o izradi manjih količina čipova.
- Iz tih razloga, proizvođači su izumeli **PROM** - **programmable read-only memory**. Prazni PROM čipovi se mogu kupiti i nisu skupi. Mogu se kodirati pomoću alata koji se naziva "programer" (**burning the PROM**).
- U preseku redova i kolona ćelije povezuju konektori. Ukoliko je veza uspostavljena (postoji konektor), ćelija će imati vrednost 1. Za vrednost 0 potrebno je kroz ćeliju propustiti struju koja će da prekine konekciju.



Operativna memorija

EPR0M memorija

- Erasable programmable read-only memory (EPR0M) se može reprogramirati više puta.
- Brisanje EPR0M-a zahteva poseban alat koji emituje UV svetlo određene frekvencije - EPR0M programer.
- Svaka ćelija PROM-a ima dva tranzistora razdvojena tankim oksidnim slojem. Jedan tranzistor je poznat kao **floating gate** i povezan je sa kolonom samo preko drugog tranzistora - **control gate**.
- Kada je veza uspostavljena, vrednost ćelije je 1, u suprotnom je 0. Promena vrednosti na 0 zahteva složen proces poznat kao **Fowler-Nordheim tunneling**.

Operativna memorija

EEPROM memorija

- EPROM zahteva posebnu opremu i složen proces reprogramiranja. Takođe, promene se moraju izvršiti brisanjem celog čipa na početku.
- **Electrically erasable programmable read-only memory (EEPROM)** čipovi otklanjaju osnovne nedostatke EPROM-a:
 - Čip se ne mora skidati da bi se reprogramirao.
 - Ne mora se brisati sadržaj celog čipa zbog promene dela sadržaja.
 - Nije potrebna dodatna posebna oprema.
- Umesto korišćenja UV svetla, elektroni u ćelijama EEPROM-a se mogu povratiti lokalizovanom primenom električnog polja na svaku ćeliju.

Operativna memorija

Flash memorija

- Promena sadržaja EEPROM memorije je spora jer se vrši bajt po bajt!
- Ovo ograničenje, proizvođači su rešili izradom **fleš memorije (flash memory)**, vrstom EEPROM-a koji koristi promenu sadržaj ćelije primenom električnog polja na ceo čip ili na odabrane sekcije čipa zvane **blokovi (blocks)**.
- Fleš memorija je znatno brža od tradicionalnog EEPROM-a zato što upisuje podatke u paketima, najčešće veličine 512 By, umesto bajt po bajt.



Operativna memorija

Virtuelna memorija

- **Virtuelna memorija (virtual memory)** je uobičajeni deo operativnog sistema na desktop računarima jer obezbeđuje velike benefite za korisnike uz male troškove.
- Količina raspoložive RAM memorije najčešće nije dovoljna da bi se u nju smestili svi programi koje smo pokrenuli istovremeno, kao i fajlovi koje ti programi koriste.
- Takođe, kada pišemo programe, podaci koje koristimo (promenljive, datoteke isl.) i programske instrukcije zazimaju **virtuelni memorijski adresni prostor**.

Virtuelna memorija

Virtuelna memorija

- Većina računara koristi 32-bitni adresni prostor, tj. postoji 2^{32} ili približno 4 milijarde različitih adresa. Kako svaki bajt zahteva svoju adresu, možemo zamisliti da je tipična virtualna memorija veličine 4GB.
- Kako je virtuelni adresni prostor često veći od kapaciteta operativne memorije, veći deo popunjene virtualne memorije se memoriše na disku.



Virtuelna memorija

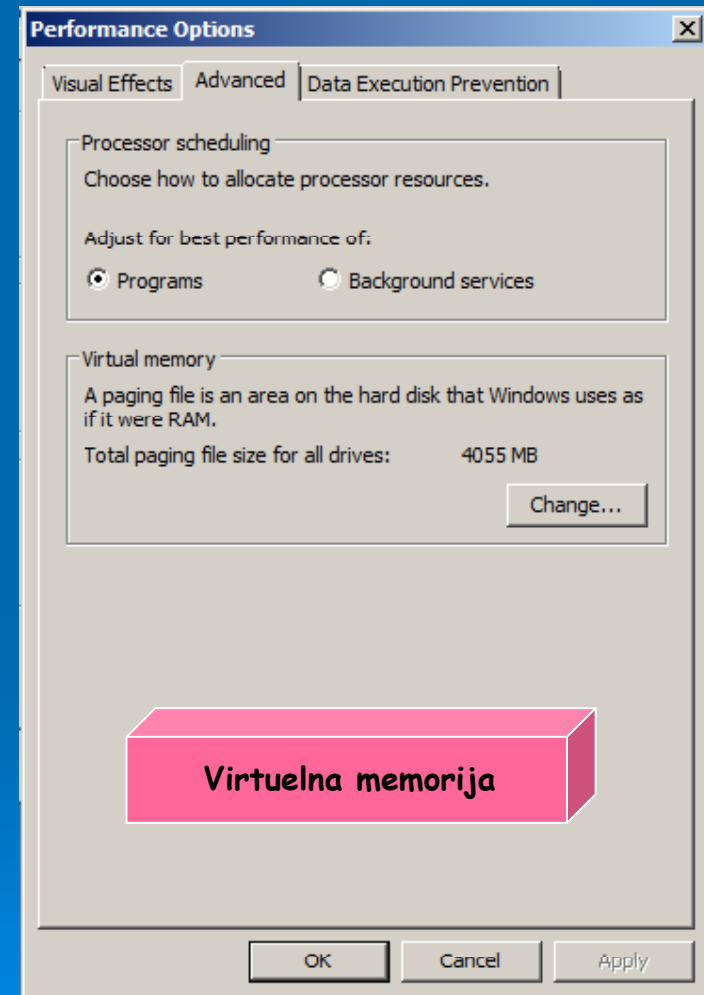
Virtuelna memorija

- Dodatni prostor u RAM memoriji ostvaruje se pomoću komponente OS-a koja se naziva **virtual memory manager (VMM)**. VMM pretražuje RAM i pronalazi delove programa i odataka koji trenutno nisu potrebni. Ove sekcije RAM-a se smeštaju u takozvane **swap fajlove** na hard disk-u.
- Na ovaj način, oslobađa se deo RAM-a za nove aplikacije i podatke.
- Ovaj proces se obavlja automatski pa korisnik ima utisak da ima neograničeni RAM. Kako je prostor na disku znatno jeftiniji od RAM memorije, virtuelna memorija takođe obezbeđuje i ekonomske benefite.

Virtuelna memorija

Virtuelna memorija

- Prostor na disku koji čuva sliku RAM-a naziva se **page file**.
- Page file čuva stranice RAM-a na disku, a OS računara upavlja razmenom ovih stranica između page file-a i RAM-a. (Na Windows OS page files ima ekstenziju .SWP).
- Prostor na disku se logički deli na blokove, čija veličina varira od 4Kb do 56Kb.



Sekundarne memorije

- Svaki računarski sistem poseduje neku vrstu **sekundarne memorije**, koja je u odnosu na operativnu memoriju:
 - znatno sporija
 - znatno većeg kapaciteta
 - sa istim pristupom - random-access
- Uobičajeno je da savremeni računari koriste neku vrstu **diska** kao sekundarnu memoriju. Oni su najčešće magnetni, ali mogu biti i optički ili magneto-optički.

Sekundarne memorije

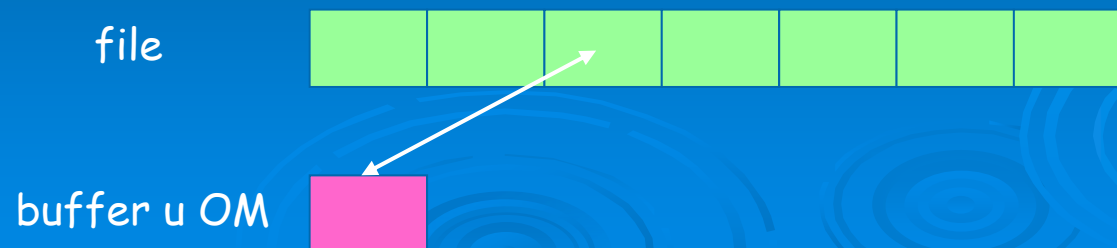
Sekundarne memorije

- Disk je memorijski uređaj koji pruža podršku za virtuelnu memoriju i za **file system**. Deo prostora na disku se koristi za memorisanje stranica VM aplikativnog programa, dok se drugi blokovi koriste za memorisanje fajlova (datoteka).
- Datoteke se prenose između diska i OM u blokovima, pod kontrolom operativnog sistema.
- Prenošnje bloka sa diska u OM nazivamo **čitanje diska (disk read)**, a prenošenje bloka iz OM na disk nazivamo **upisivanje na disk (disk write)**.
- Često se ove dve operacije zajedno nazivaju **disk I/O**.

Sekundarne memorije

Sekundarne memorije

- Pojedini delovi OM se koriste za **baferovanje datoteka (buffering files)**, odnosno kopiranje fajlova sa diska u RAM po blokovima.
- Na primer, kada se otvori fajl za čitanje, OS može da rezerviše blok veličine 4KB u OM za memorisanje ovog fajla, pod pretpostavkom da je veličina bloka na disku takođe 4KB.
- Na početku, prvi blok datoteke se prenosi u bafer. Kada aplikativni program iskoristi prva 4KB datoteke, naredni blok se dovodi u bafer i zamenjuje sadržaj prethodnog bloka.
- Proces se ponavlja dok se ne pročita cela datoteka ili dok se ona ne zatvori.



Sekundarne memorije

- Uobičajeno vreme potrebno da se pročita/upiše blok na disku iznosi od 10-30 ms. Za to vreme CPU može da izvrši nekoliko miliona instrukcija.
- Ovo vreme uobičajeno dominira nad vremenom koje je potrebno da se izvrši bilo koja operacija nad sadržajem tog bloka.
- Da se ne bi "plaćala" velika cena (veliki utrošak vremena) za disk I/O, od najvećeg značaja je da blok podataka na disku kojima treba pristupiti, prethodno bude u baferu RAM-a.
- U poređenju sa operativnom memorijom sekundarne memorije su **sporije** približno 10^5 puta i istovremeno 100 puta **kapacitativnije**. Pored toga sekundarne memorije su znatno **jevtinije** od OM (1-2 centa/Mb u odnosu na 1-2 \$/Mb).

Sekundarne memorije

Tercijalne memorije

- U praksi se koriste BP čija veličina može da nadmaši kapacitet jednog ili više diskova nekog računarskog sistema (Tb podataka o prodaji u nekom maloprodajnom lancu ili Pb podataka koje u jednoj godini prikupi satelit).
- Da bi se memorisale tako velike količine podataka koriste se **tercijalne memorije** koje se karakterišu znatno većim vremenom čitanja/upisa, ali s druge strane i znatno većim kapacitetima i nižom cenom po bajtu od sekundarnih memorija.
- Za razliku od OM i diska, vreme pristupa kod tercijalnih memorija značajno zavisi od toga koliko se traženi podatak nalazi blizu od tačke čitanja/upisa.



Tercijalne memorije

Tercijalne memorije

- **Magnetna traka** - najjednostavniji pristup tercijalnim memorijama je da se podaci memorišu na koture trake ili kasete koje se čuvaju na postoljima. Kada je potreban određeni podatak koji se nalazi na traci, operater postavlja traku na uređaj za čitanje. Do podatka se dolazi namotavanjem trake do traženog položaja, a potom se traženi podatak kopira na SM ili u OM.
- **Silos sa trakama** - gabaritni uređaj koji sadrži postolja sa trakama. Robotska ruka prenosi traženu traku do jednog od više postojećih čitača trake. To je automatska verzija ad-hoc skladišta traka.



Tercijalne memorije

Tercijalne memorije

- **Juke Box optičkih diskova** - sastoji se od većeg broja povezanih CD -ova. Robotska ruka koja je deo mehanizma jukebox-a može da izdvoji traženi CD ROM i stavi ga na uređaj za čitanje.



Tercijalne memorije

Tercijalne memorije

- **Kapacitet** kasete sa trakom dosta varira (np. u 2001. godini iznosio je do 50 Gb), dok silos sa trakama ima kapacitet koji se meri Tb-ima. Standardni CD ima kapacitet od oko 750 GB, a DVD (Digital Versatile Disk) oko 4.7 GB. CD ROM Jukebox može imati kapacitet od više Tb.
- **Vreme pristupa podacima** na tercijalnim memorijama varira od nekoliko sekundi do nekoliko minuta. Robotska ruka jukebox-a ili silosa može da pronađe željeni CD ROM, odnosno traku za nekoliko sekundi dok je operateru najčešće potrebno nekoliko minuta da pronađe i premota traku. Svakom delu CD-a moguće je pristupiti u delu sekunde; kod trake je potrebno nekoliko dodatnih sekundi da se premota do željenog dela.

Tercijalne memorije

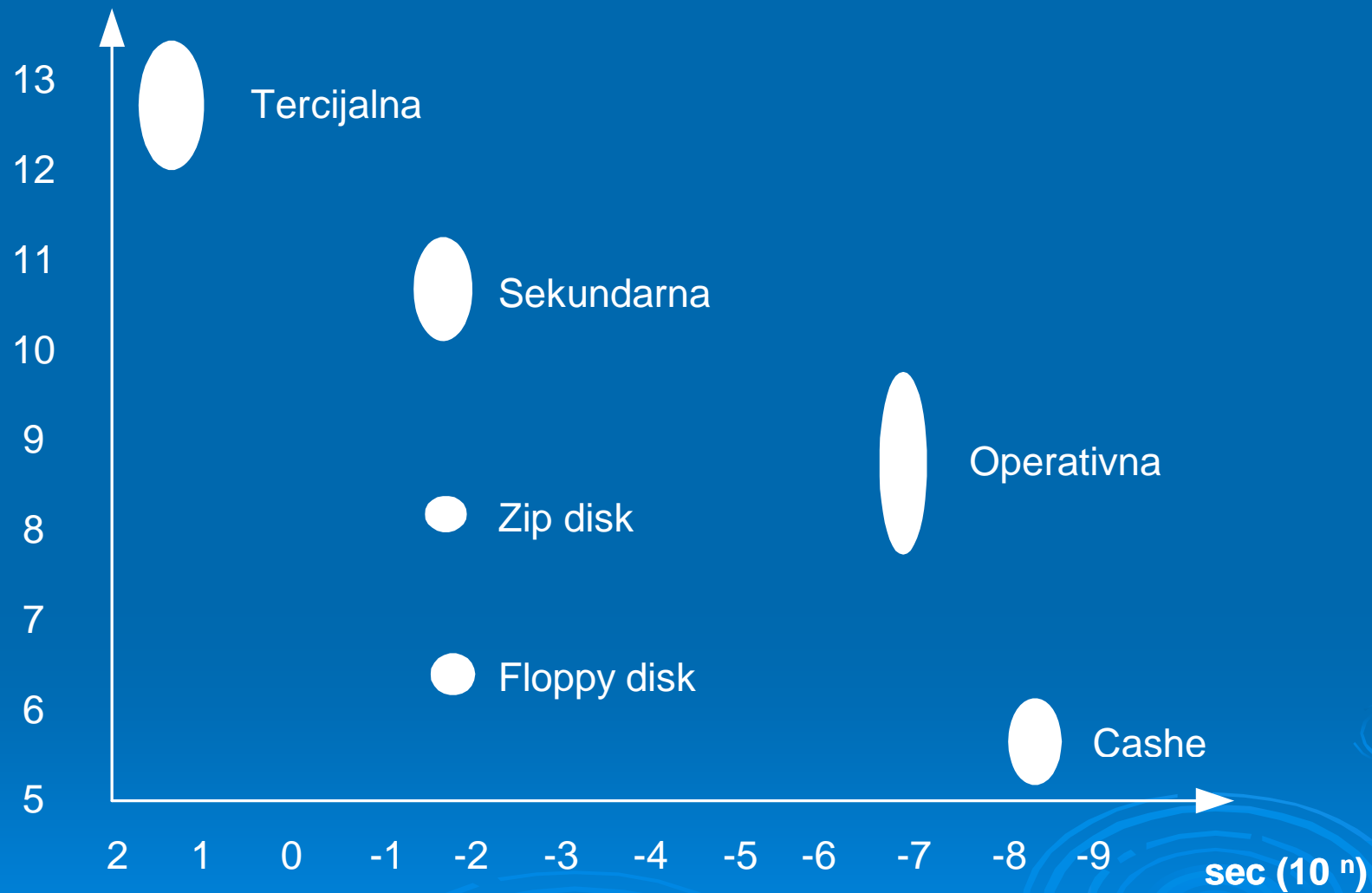
Tercijalne memorije

- *Generalno, vreme pristupa podacima na tercijalnim memorijama može biti sporije i do 1000 puta nego kod sekundarnih memorija (milisekunde prema sekundama).*
- *S druge strane, jedinica tercijalne memorije može biti 1000 puta većeg kapaciteta od sekundarnih memorijskih uređaja (terabajti prema gigabajtima).*



Tercijalne memorije

by (10^n)



Vreme pristupa u odnosu na kapacitet za različite nivoe hijerarhije memorije