

**АКАДЕМИЈА ВАСПИТАЧКО МЕДИЦИНСКИХ СТУДИЈА
ОДСЕК КРУШЕВАЦ**

ОСНОВИ ДИГИТАЛНЕ ЕЛЕКТРОНИКЕ



Меморијска кола

СЕМИНАРСКИ РАД

Ментор:

Милетић Миљан

Бр. индекса: ИР 17/24

Студент:

Тодоровић Стефан

Крушевац, април 2025.

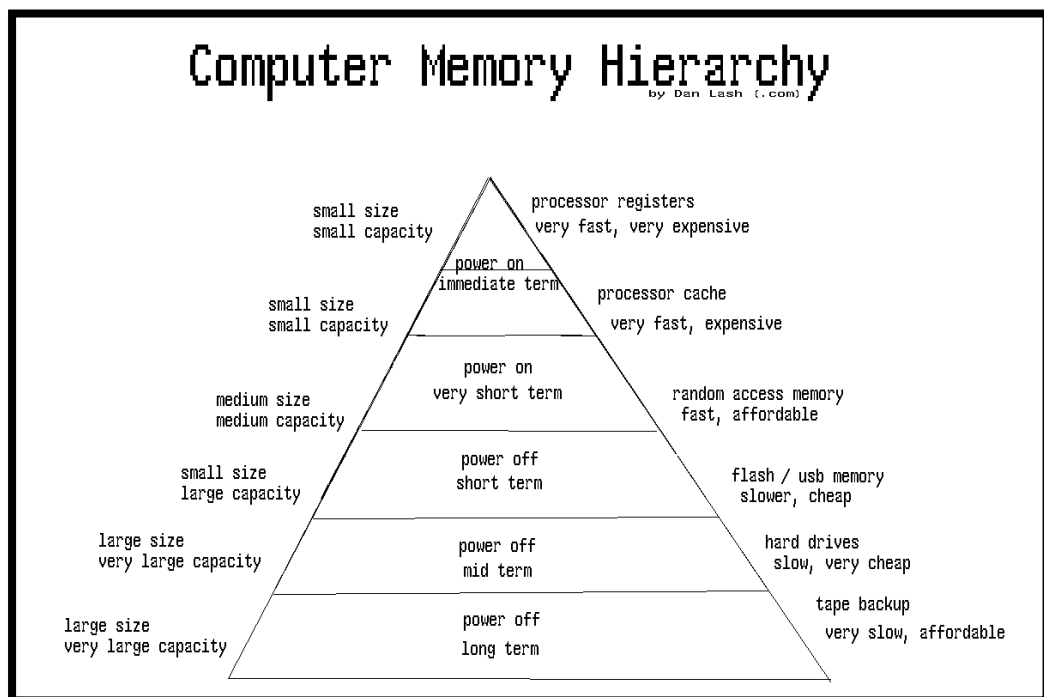
Садржај

1. Увод	3
2. Историјски развој	4
3. Основне врсте меморијских кола	5
3.1. RAM (Random Access Memory).....	5
3.1.1. Статички RAM (SRAM)	5
3.1.2. Динамични RAM (DRAM).....	6
3.1.3. Временски дијаграми RAM-а	7
3.2. ROM (Read-Only Memory)	7
3.3. Flash меморија.....	8
3.3.1. NAND Flash	8
3.3.2. NOR Flash.....	9
3.4. Поређење меморија	9
4. Архитектура меморијских кола	9
4.1. Структура ћелије меморије.....	10
4.1.1. SRAM ћелија.....	10
4.1.2. DRAM ћелија.....	10
4.1.3. ROM ћелија.....	10
4.2. Структура ћелије меморије.....	10
4.3. Адресирање меморије	11
4.4. Cache меморија	11
5. Типичне примене меморијских кола.....	13
5.1. Рачунари и сервери.....	13
5.2. Мобилни уређаји и паметни телефони.....	13
5.3. Уграђени системи и IoT уређаји	13
5.4. Аутомобилска индустрија	14
5.5. Сигнали процесори и графички процесори	14
6. Перформанске и карактеристике меморија	14
7. Савремене технологије у меморијским колима	15
8. Безбедност и поузданост меморијских кола.....	15
9. Будућност меморијских кола	16
10. Закључак.....	17
11. Литература	18

1. Увод

Једна од главних предности дигиталних у односу на аналогне системе је могућност лаког складиштења (тј. меморисања) велике количине дигиталних података на краћи или дужи временски период. Управо је могућност меморисања оно што чини дигиталне системе флексибилним и лако прилагодљивим различитим применама. На пример, у меморији рачунарског система смештене су програмске инструкције и подаци. Ради обраде, подаци се из меморије преносе у централну процесорску јединицу и резултат обраде се враћа назад у меморију. Улазни и излазни уређаји рачунара, попут тастатуре и монитора, такође користе меморију. Информација се из улазних уређаја премешта у меморију како би била доступна за даљу обраду. Резултати обраде се смештају у меморију, а онда из меморије шаљу излазном уређају.

У дигиталним системима се користе различити типови меморија. На пример, различите врсте, регистри су меморијска кола која се одликују великом брзином рада. Међутим, будући да се реализују помоћу флипфлопова, регистри су релативно сложене компоненте и због тога нису погодни за конструкцију меморије великог капацитета. Када је потребна меморија великог капацитета, као нпр. оперативна меморија рачунара, користе се меморијске компоненте које су наменски пројектоване за смештање велике количине података. Такве меморијске компоненте долазе у два облика: RAM (random-access memory) и ROM (read-only memory). Процес смештања нове информације у меморију се назива операцијом уписа, а процес узимања меморисане информације из меморије операцијом читања. RAM подржава обе операције, упис и читање, док ROM подржава само читање.



➤ [Слика 1](#): Дијаграм приказује различите нивое меморије у рачунарским системима,

<https://en.wikipedia.org/wiki/File:ComputerMemoryHierarchy.svg>

2. Историјски развој

Развој меморијских кола започео је педесетих година прошлог века, са појавом феритних меморија које су користиле магнетне језгре за складиштење података. Кроз деценије, меморијске технологије су напредовале са доласком:

- MOS (Metal-Oxide-Semiconductor) технологије – омогућила развој DRAM-а.
- EPROM и EEPROM меморија – унапредиле трајно складиштење података.
- Flash меморија – револуционисала преносне уређаје са великим капацитетима.

Кључни догађаји у развоју меморије:

- 1968. година - прва DRAM меморија (Intel 1103).
- 1971. – Intel 4004, први микропроцесор са интегрисаном меморијом.
- 1980-е – Развој EEPROM и flash меморије.
- 1990-е – Појава DDR SDRAM-а са побољшаним протоком података.
- 2000-е – Развој SSD дискова са NAND flash технологијом.



- Слика 2: Временска линија која приказује еволуцију меморијских технологија од магнетних језгара до савремених флеш меморија.

<https://racunariprogramiranje.wordpress.com/2016/06/03/технологија-меморијских-медијума-и-х/>

3. Основне врсте меморијских кола

Меморијска кола могу се поделити на више категорија у зависности од начина приступа подацима и трајности меморије. Ова подела омогућава боље разумевање разноврсних технологија које се користе у савременим дигиталним системима, где сваки тип меморије има специфичну примену и карактеристике. Најчешће коришћене врсте меморијских кола су RAM (Random Access Memory), ROM (Read-Only Memory) и Flash меморија.

3.1. RAM (Random Access Memory)

RAM је меморија са насумичним приступом, што значи да се може приступити било којој меморијској локацији без обзира на редослед уписа или читања. Време приступа подацима је кратко и независно од физичке локације података у меморији. RAM се користи за привремено складиштење података које процесор активно користи током рада система. Када се рачунар искључи, подаци у RAM-у се губе, што значи да је ова врста меморије **волатилна**.

Постоје две основне врсте RAM-а: **статички RAM (SRAM)** и **динамички RAM (DRAM)**, које се разликују по начину складиштења података и брзини приступа

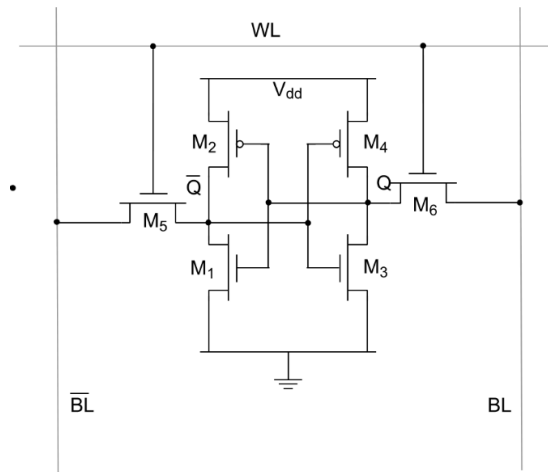


➤ [Слика 3](#): RAM

<https://www.techcentral.ie/how-to-optimise-your-ram/>

3.1.1. Статички RAM (SRAM)

SRAM користи бистабилне ћелије, које се састоје од пара унакрсно повезаних инвертора, како би одржавале стање сваког бита. Овај тип меморије не захтева освежавање података јер бистабилне ћелије задржавају информације све док је напајање укључено. Предност SRAM-а је изузетно брз приступ подацима, што га чини погодним за саче меморију која се користи за складиштење најчешће коришћених података у процесору. Међутим, SRAM је скупљи за производњу и заузима више простора по биту у поређењу са DRAM-ом. Због ових ограничења, SRAM се обично користи у мањим капацитетима у односу на DRAM.

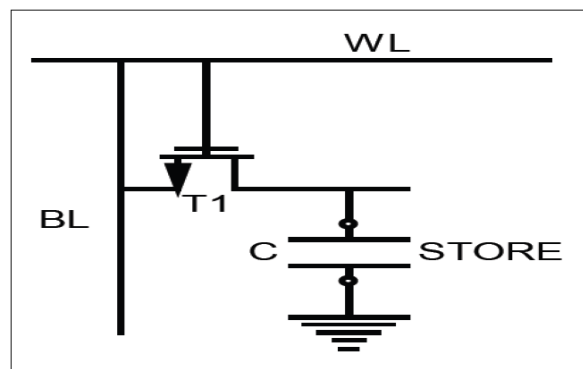


- [Слика 4](#): Дијаграм који приказује структуру SRAM ћелије са шест транзистора.

https://sr.wikipedia.org/wiki/Статички_RAM

3.1.2. Динамични RAM (DRAM)

DRAM користи кондензаторе за складиштење информација, при чему се свака ћелија меморије састоји од једног транзистора и једног кондензаторног елемента. Кондензатор задржава електрично наелектрисање које представља логичку 1 или 0. Међутим, кондензатори природно губе наелектрисање током времена, због чега је неопходно периодично освежавање како би се подаци очували. Ова потреба за освежавањем успорава рад DRAM-а у поређењу са DRAM-ом. Ипак, DRAM је знатно јефтинији за производњу и омогућава складиштење веће количине података, што га чини идеалним за главну меморију рачунара (RAM модули). Иако је спорији од SRAM-а, DRAM је кључна компонента савремених рачунарских система због своје приступачне цене и великог капацитета.



- [Слика 5](#): Дијаграм који приказује структуру DRAM ћелије са једним транзистором и кондензатором.

https://www.researchgate.net/figure/Schematic-1T1C-DRAM-cell_fig1_276200666

3.1.3. Временски дијаграми RAM-а

Временски дијаграми RAM-а илуструју како се подаци уписују и читају из меморије. **Циклус уписа** започиње када процесор достави адресу и податке које треба уписати. Током овог процеса, управљачки сигнали синхронизују податке са тактним импулсима како би се осигурала тачност преноса. **Циклус читања** функционише на сличан начин, али у овом случају процесор доставља адресу, док меморија одговара достављањем тражених података са исте адресе. Ови дијаграми су кључни за анализу перформанси меморије и оптимизацију брзине преноса података.

3.2. ROM (Read-Only Memory)

ROM је меморија која омогућава **само читање** података, а информације које су у њој записане не могу бити промењене током нормалног рада система. ROM се користи за складиштење програмских података који су неопходни за иницијализацију и основно функционисање уређаја. Један од најчешћих примера ROM меморије је **BIOS (Basic Input/Output System)**, који се користи за покретање основног система рачунара и иницијализацију хардверских компоненти.

Постоји неколико врста ROM меморије које се разликују по начину програмирања и могућности брисања података:

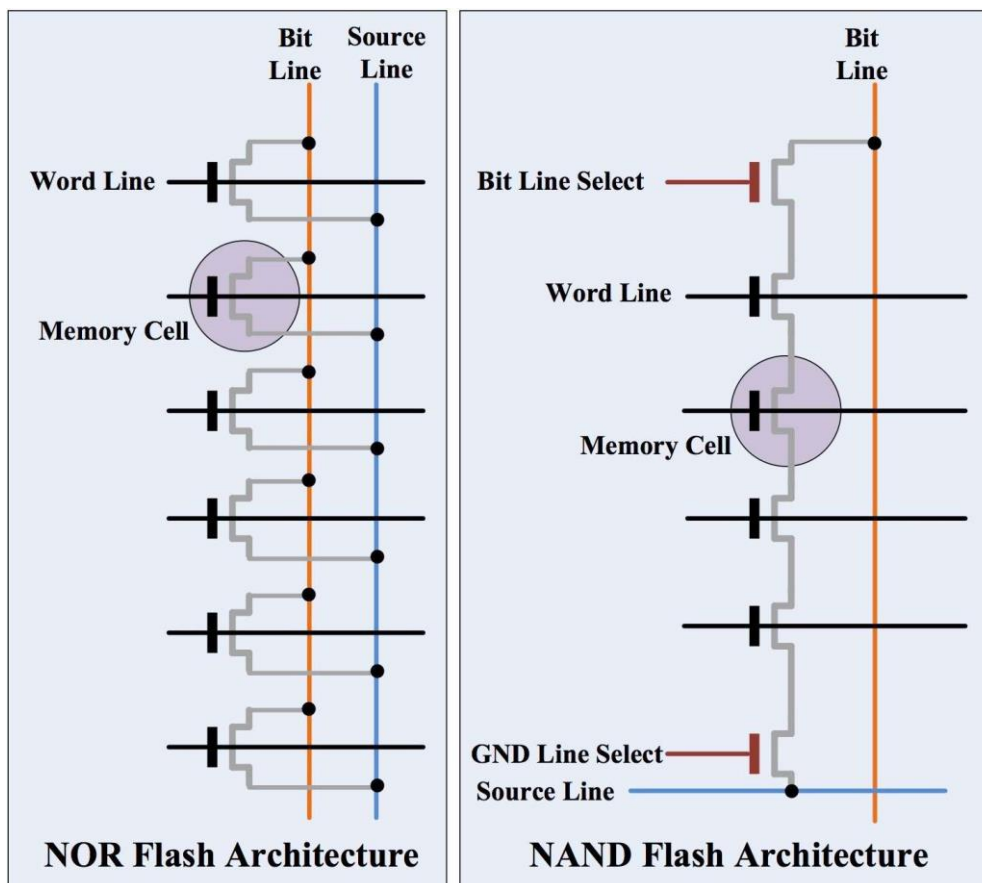
- **PROM (Programmable ROM)** – Ова врста меморије може бити програмирана само једном. Када се подаци упишу у PROM, они постају трајни и не могу се мењати.
- **EPROM (Erasable Programmable ROM)** – Ова меморија омогућава виšekратно брисање и поновно програмирање. Брисање се врши излагањем меморијског чипа ултраљубичастом (УВ) зрачењу, које уклања постојеће податке.
- **EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM)** – EEPROM омогућава електронско брисање и поновно програмирање података. Ова технологија се користи у ситуацијама где је потребно често ажурирање firmware-а и других трајних софтверских компоненти.

Иако је ROM старији од RAM-а, његова трајност и поузданост га чине незамењивим у складиштењу критичних података.

3.3. Flash меморија

Flash меморија је напредна врста **EEPROM-а** која омогућава брзо брисање и поновно писање података у блоковима. Ова меморија је погодна за уређаје који захтевају учестало ажурирање података, попут **USB дискова, SSD дискова и меморијских картица**. Flash меморија је постала стандард за складиштење података у преносивим уређајима због својих предности у погледу брзине приступа, дуготрајности и отпорности на физичке ударе.

Flash меморија се дели на две главне врсте: **NAND Flash** и **NOR Flash**, које имају различите примене.



Слика 6: NOR и NAND

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323918329000178>

3.3.1. NAND Flash

NAND Flash меморија се користи у уређајима са високим капацитетом складиштења и брзим приступом подацима. Ова врста меморије организована је у блокове који омогућавају ефикасно уписивање и брисање великих количина података. NAND Flash се користи у **SSD дисковима, USB дисковима и паметним телефонима**.

3.3.2. NOR Flash

NOR Flash меморија омогућава брзо читање података и директан приступ свакој меморијској локацији, што је чини погодном за складиштење **фирмвера и програмске логике** у уграђеним системима. Иако је NOR Flash спорији у упису и брисању података у поређењу са NAND Flash меморијом, његова способност директног приступа чини је корисном у апликацијама где је брзина читања кључна.

3.4. Поређење меморија

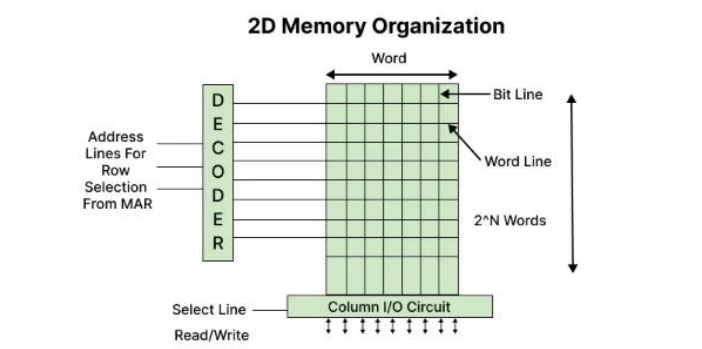
Иако RAM, ROM и Flash меморија имају различите улоге у дигиталним системима, сви они заједно омогућавају правилно функционисање савремених рачунара и електронских уређаја. RAM пружа брз приступ подацима током рада система, ROM складишти критичне податке потребне за покретање система, док Flash меморија омогућава трајно складиштење великих количина података са могућношћу брисања и ажурирања.

Разумевање разлика између ових врста меморија кључно је за оптимизацију перформанси и поузданости дигиталних система у различитим применама.

4. Архитектура меморијских кола

Архитектура меморијских кола одређује како су организоване ћелије меморије, како се управља подацима и како процесор комуницира са меморијом. Ова организација утиче на брзину приступа подацима, капацитет и енергетску ефикасност система. Свако меморијско коло састоји се од **меморијских ћелија** које су организоване у редове и колоне, **адресних декодера** који омогућавају избор жељеног реда или колоне, као и **линија података** које преносе информације између меморије и процесора. Поред тога, управљачки сигнали контролишу операције уписа, читања и освежавања података.

У модерним меморијским системима, ћелије меморије су организоване у **двострумензионалне матрице** редова и колоне. Оваква организација омогућава брз приступ подацима тако што декодер адресе бира одређени ред, док додатни декодер бира колону унутар тог реда. Када се подаци уписују или читају из меморије, они се преносе путем **бит-линија**, које повезују меморијске ћелије са спољним интерфејсом.



Слика 7: 2D организација

<https://www.geeksforgeeks.org/2d-and-2-5d-memory-organization/>

4.1. Структура ћелије меморије

Ћелија меморије је основни градивни елемент сваког меморијског кола. Структура ћелије зависи од врсте меморије и може се реализовати помоћу бистабиле, кондензатора, транзистора или других електронских компоненти. Најчешће врсте ћелија су:

- **SRAM ћелија** – Састоји се од бистабиле (леч кола) са два унакрсно повезана инвертора и додатним прекидачима за приступ подацима.
- **DRAM ћелија** – Састоји се од MOSFET транзистора и капацитивног елемента који складишти наелектрисање као логичку 1 или 0.
- **ROM ћелија** – Реализује се помоћу трајно дефинисаних веза које омогућавају читање унапред програмираних података.

4.1.1. SRAM ћелија

SRAM ћелија је реализована помоћу **леч кола** са два инвертора повезана унакрсно како би задржала стање бита. Када је селекциона линија активна, транзистори омогућавају приступ бит-линијама које преносе податке у ћелију или из ње. Због своје једноставне архитектуре, SRAM омогућава брз приступ подацима и не захтева периодично освежавање. Међутим, висока цена по биту и велика потрошња енергије ограничавају употребу SRAM-а на мање меморијске капацитете, као што су cache меморије у процесорима.

4.1.2. DRAM ћелија

DRAM ћелија користи **кондензатор** за складиштење електричног наелектрисања које представља логичку 1 или 0, док MOSFET транзистор контролише приступ подацима. Због природног пражњења кондензатора, DRAM захтева периодично освежавање како би подаци остали очувани. Иако је спорији од SRAM-а, DRAM је јефтинији за производњу и омогућава складиштење велике количине података, што га чини погодним за главну меморију у рачунарима.

4.1.3. ROM ћелија

ROM ћелија складишти податке трајно и користи се за чување информација које не смеју бити промењене током нормалног рада система. ROM меморија се користи за складиштење основних података потребних за иницијализацију система, као што су BIOS и firmware. Код стандардног ROM-а, подаци су програмирани током производње, док PROM, EPROM и EEPROM омогућавају накнадно програмирање и брисање података.

4.2. Структура ћелије меморије

Меморијска кола су организована као матрица редова и колона, где се свака ћелија налази на пресеку одређеног реда и колоне. Процес адресирања података укључује избор одређеног реда помоћу декодера адреса, док се додатним декодером бира колона унутар тог реда. Када је ћелија изабрана, подаци се преносе преко бит-линија између

меморије и спољног система.

Меморијска кола користе линије података које омогућавају упис и читање података, док контролни сигнали синхронизују ове операције са процесором. Упис и читање података у меморију одвијају се у неколико корака: најпре се адреса шаље декодеру, затим се подаци преносе до бит-линија, а коначно се извршава операција уписа или читања у складу са управљачким сигнаlima.

4.3. Адресирање меморије

Адресирање меморије се врши коришћењем бинарног кода који декодер адресе претвара у одабир реда и колоне у меморијској матрици. Када процесор шаље адресу меморијској јединици, декодер одабира одговарајући ред ћелија, док се додатним декодирањем бира колона. Након што је адреса изабрана, подаци се преносе путем бит-линија које омогућавају комуникацију између меморије и процесора.

У савременим меморијским системима користи се дводимензионално адресирање, где се адреса дели на део за ред и део за колону. Оваква организација омогућава брзо претраживање и приступ подацима, што је кључно за ефикасно функционисање дигиталних система.

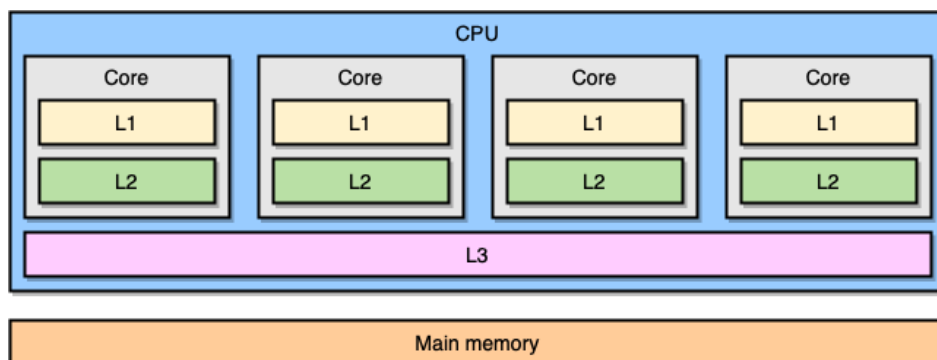
4.4. Cache меморија

Cache меморија је брза, привремена меморија која складишти најчешће коришћене податке како би смањила време приступа процесора главној меморији. Ова врста меморије омогућава да процесор приступи често коришћеним подацима са минималним кашњењем, што значајно повећава укупне перформансе система.

Cache меморија је организована у **нивое** који се разликују по брзини и капацитету:

- **L1 Cache** – Најбржи и најближи процесору, али са ограниченим капацитетом.
- **L2 Cache** – Већи капацитет у односу на L1, али спорији.
- **L3 Cache** – Највећи капацитет, али са најмањом брзином у односу на остале нивое.

Cache меморија користи **политике замене података** како би осигурала да се најчешће коришћени подаци задрже у најбржим нивоима меморије, док се мање коришћени подаци премештају у спорије меморијске нивое.



Слика 8: Приказ меморијских ћелија како су организоване.
<https://strikefreedom.top/archives/cpu-caches-theory-and-application>

4.5. Vremenski dijagrami i upravljanje podacima

Временски дијаграми меморије приказују како се меморијска кола понашају током операција читања, уписа и освежавања података. Ови дијаграми илуструју кључне тренутке у процесу преноса података између меморије и процесора.

Упис података започиње када процесор шаље адресу меморији и податке који треба уписати. Адресни декодер бира одговарајући ред и колону, док се подаци преносе до бит-линија. Након завршетка уписа, меморија потврђује успешност операције процесору.

Читање података функционише на сличан начин, при чему процесор шаље адресу меморији, која затим преноси податке са тражене локације на излазне линије података.

Код DRAM меморије, додатни временски дијаграми укључују процесе освежавања који осигуравају очување података у кондензаторима. Време између освежавања података мора бити пажљиво синхронизовано како би се спречио губитак информација.

4.6. Савремене технологије у архитектури меморијских кола

Развој меморијских кола прати технолошке иновације које омогућавају повећање капацитета, брзине и енергетске ефикасности. **3D NAND меморија** омогућава вертикално слагање меморијских ћелија, чиме се повећава густина података и смањује величина чипова. Ова технологија се широко користи у SSD дисковима, паметним телефонима и преносивим уређајима.

NVMe (Non-Volatile Memory Express) је нови протокол који омогућава брзи пренос података између процесора и складишних уређаја. NVMe користи паралелне канале како би смањио кашњење у комуникацији са меморијом, што омогућава знатно боље перформансе у односу на традиционалне SATA интерфејсе.

Поред 3D NAND и NVMe технологија, развијају се и нове врсте меморије као што су **ReRAM (Resistive RAM)** и **MRAM (Magnetoresistive RAM)**. Ове технологије комбинују предности DRAM-а и Flash меморије, нудећи бржи приступ подацима уз мању потрошњу енергије и повећану трајност.

4.7. Савремене технологије у архитектури меморијских кола

Архитектура меморијских кола је кључна за ефикасност и перформансе савремених дигиталних система. Организација меморијских ћелија, начин адресирања и контрола приступа подацима одређују брзину и поузданост меморијских операција. Са напретком нових технологија, очекује се даљи развој меморијских кола са већим капацитетима, нижом потрошњом енергије и бржим приступом подацима, што ће омогућити боље перформансе будућих рачунарских система.

5. Типичне примене меморијских кола

Меморијска кола се користе у широком спектру дигиталних система, од најједноставнијих уграђених уређаја до најсавременијих рачунара и сервера. Примена меморијских кола зависи од њихових карактеристика, као што су брзина приступа, капацитет складиштења, трајност и цена. У наставку су неке од најважнијих примена меморијских кола

5.1. Рачунари и сервери

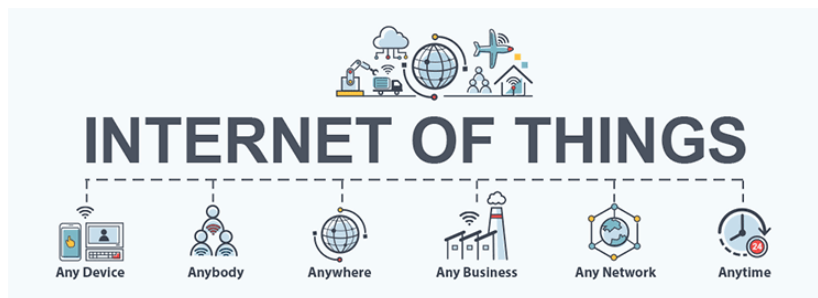
У савременим рачунарским системима, **RAM (Random Access Memory)** игра кључну улогу у привременом складиштењу података који се обрађују у реалном времену. Оперативна меморија омогућава брз приступ подацима и програмима, што је неопходно за оптималне перформансе система. Поред RAM-а, **cache меморија** у процесорима убрзава приступ најчешће коришћеним подацима, смањујући време чекања и побољшавајући ефикасност рада процесора. **SSD (Solid State Drive)** уређаји, који користе NAND Flash меморију, замењују традиционалне хард дискове и пружају бржи приступ великим количинама података.

5.2. Мобилни уређаји и паметни телефони

Паметни телефони и таблети користе **LPDDR (Low Power DDR) RAM** за енергетски ефикасан рад и **eMMC или UFS меморију** за трајно складиштење података и апликација. Flash меморија у мобилним уређајима омогућава брз приступ подацима и побољшану енергетску ефикасност, што је од кључне важности за продужени рад батерије.

5.3. Уграђени системи и IoT уређаји

EEPROM и Flash меморија су широко заступљене у уграђеним системима и IoT (Internet of Things) уређајима. Ови уређаји често захтевају меморију за складиштење firmware-а, подешавања и критичних података. Пошто IoT уређаји обично раде у окружењима са ограниченим ресурсима, меморија мора бити поуздана, енергетски ефикасна и отпорна на честе циклусе читања и писања.



Слика 9: IoT

<https://www.scalesupplier.com/electronic-scales-iot/>

5.4. Аутомобилска индустрија

Савремени аутомобили садрже сложене **ECU (Engine Control Unit)** јединице које користе меморијска кола за складиштење програма за контролу рада мотора, менаџмент система горива, система за кочење и других компоненти. **Flash меморија** омогућава ажурирање софтвера возила и прилагођавање новим функцијама.

5.5. Сигнали процесори и графички процесори

GDDR (Graphics Double Data Rate) меморија и **HBM (High Bandwidth Memory)** користе се у графичким процесорима за брзу обраду графичких података. Ове врсте меморије омогућавају високу пропусност података и одличне перформансе у апликацијама као што су видео игре, графичко рендеровање и машинско учење.

6. Перформанске и карактеристике меморија

Перформансе меморијских кола играју значајну улогу у одређивању укупне ефикасности дигиталних система. Основни параметри који утичу на перформансе меморијских кола укључују време приступа, брзину преноса података, капацитет складиштења и трајност меморије.

Време приступа (Access Time) представља време које је потребно меморији да одговори на захтев за читање или упис података. Код SRAM-а, време приступа је изузетно кратко, што омогућава брз приступ подацима. С друге стране, DRAM захтева више времена за приступ због потребе за освежавањем података у капацитеторима. Flash меморија има различито време приступа у зависности од типа – NOR Flash омогућава бржи приступ у поређењу са NAND Flash меморијом.

Брзина преноса података (Data Transfer Rate) одређује колико података меморија може пренети у јединици времена. DDR (Double Data Rate) меморија омогућава повећану брзину преноса података јер користи оба ивице тактног сигнала за пренос података. GDDR и HBM меморије, које се користе у графичким процесорима, обезбеђују високу пропусност података, што је од суштинског значаја за графичку обраду и рачунарске апликације са великим захтевима.

Капацитет складиштења (Storage Capacity) је максимална количина података коју меморија може да сачува. Са порастом потребе за складиштењем великих количина података, савремени меморијски модули имају капацитете од неколико гигабајта до терабајта. NAND Flash технологија омогућава веће капацитете захваљујући 3D NAND технологији која поставља меморијске ћелије у више слојева.

Трајност меморије (Durability) одређује колико циклуса уписа и брисања меморија може поднети пре него што постане непоуздана. Flash меморија, посебно NAND, има ограничен број циклуса писања и брисања, због чега се користе алгоритми за **равномерно трошење (Wear Leveling)** како би се продужио животни век меморије.

7. Савремене технологије у меморијским колима

Савремене меморијске технологије настављају да напредују како би одговориле на све веће захтеве за већим капацитетом, брзином и поузданошћу. Неке од најважнијих иновација укључују:

3D NAND меморија омогућава вертикално слагање меморијских ћелија у више слојева, што значајно повећава капацитет складиштења на једној чип плочи. Ова технологија се примењује у SSD дисковима и другим уређајима који захтевају велике капацитете складиштења уз задржавање високе брзине приступа.

ReRAM користи променљиви отпор за складиштење података, што омогућава бржи приступ и већу густину података у односу на традиционалне меморијске технологије. ReRAM је отпоран на хабање и има потенцијал да замени NAND Flash у будућности.

MRAM користи магнетне елементе за складиштење података и нуди комбинацију високе брзине приступа и трајности. За разлику од традиционалних меморија, MRAM не захтева освежавање, што смањује потрошњу енергије и побољшава ефикасност.

Истраживања у области **оптичких меморија** и **квантних меморијских система** обећавају револуционарне промене у начину складиштења и обраде података. Квантна меморија, заснована на принципима квантне механике, могла би у будућности да омогући огромне капацитете и тренутни приступ подацима.

8. Безбедност и поузданост меморијских кола

Безбедност меморијских кола је од суштинског значаја за заштиту осетљивих података од неовлашћеног приступа и губитка информација. Да би се осигурала поузданост меморијских кола, примењују се различите технике и алгоритми:

Енкрипција података се користи за заштиту информација од неовлашћеног приступа. Многе савремене меморијске технологије, укључујући SSD дискове, подржавају AES енкрипцију како би се осигурала безбедност података.

ECC (Error Correction Codes) системи откривају и исправљају грешке у меморији, чиме се осигурава интегритет података и спречава губитак важних информација. ECC је посебно важан у серверима и мисијски критичним системима где је поузданост података од највећег значаја.

Flash меморија има ограничен број циклуса уписа и брисања. **Wear Leveling** алгоритми равномерно распоређују операције уписа по свим блоковима меморије како би се продужио животни век уређаја и смањило хабање.

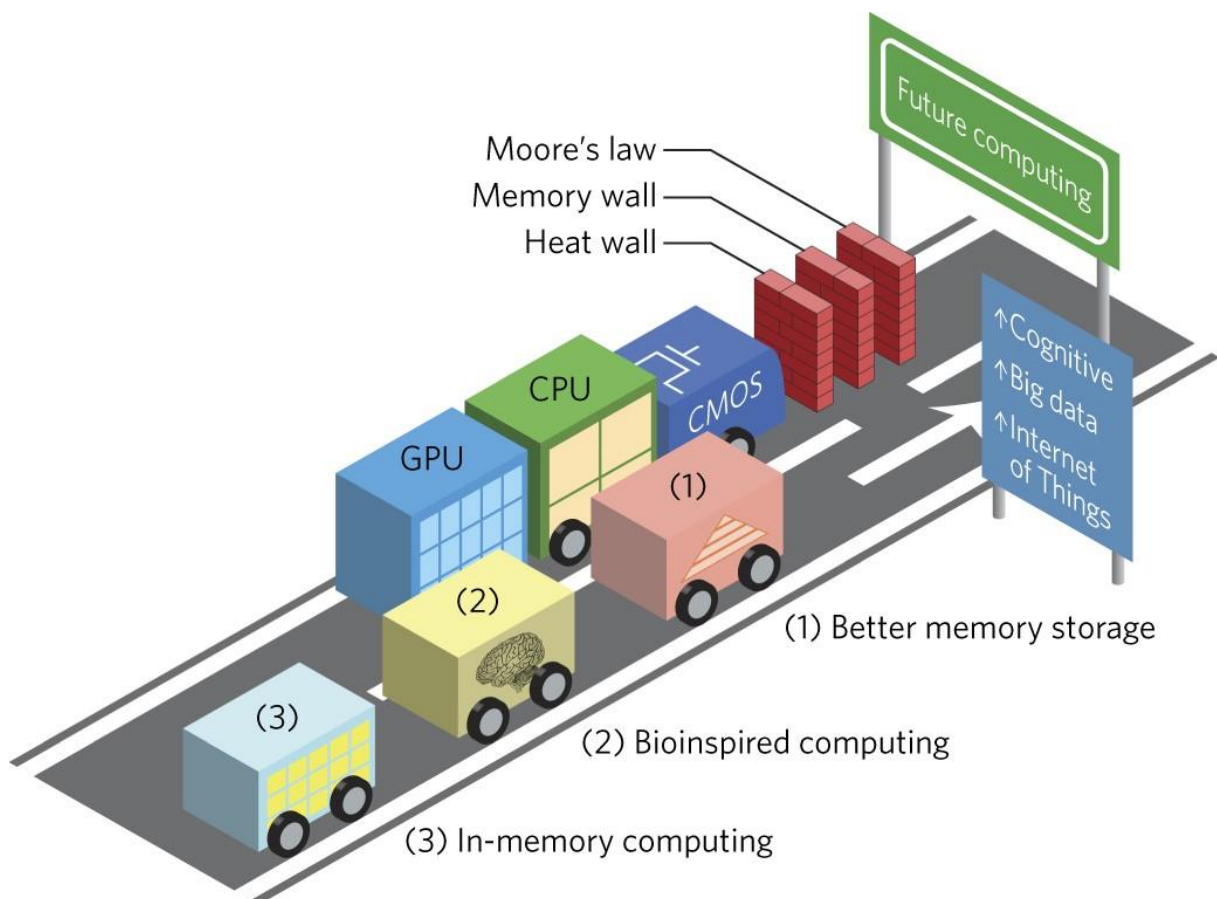
9. Будућност меморијских кола

Будућност меморијских кола обележавају иновације које ће омогућити већу густину података, бржи приступ и смањену потрошњу енергије. Неке од кључних технологија које ће обликовати будућност меморијских система укључују:

Са континуираним напретком у области 3D NAND и других меморијских технологија, очекује се да ће меморијски уређаји у будућности имати знатно веће капацитете и брзине приступа.

Вештачка интелигенција и машинско учење биће коришћени за оптимизацију меморијских операција, што ће резултирати ефикаснијим управљањем меморијом и већом енергетском ефикасношћу.

Квантна меморија, заснована на принципима квантне механике, обећава складиштење огромних количина података и тренутни приступ подацима, што би могло револуционисати начин на који се подаци складиште и обрађују.



Слика 10: Будућност меморијских кола
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10617-021-09256-8>

10. Закључак

Меморијска кола представљају један од најважнијих елемената савремених дигиталних система. Од почетних магнетних трака и бушених картица до савремених RAM, ROM и Flash технологија, развој меморијских кола је омогућио брже, поузданије и ефикасније управљање подацима.

Савремени рачунарски системи, мобилни уређаји, уграђени системи и IoT уређаји се ослањају на меморијска кола како би обезбедили брз приступ подацима и ефикасно складиштење информација. Са напретком технологије, појавиле су се иновације као што су **3D NAND меморија**, **MRAM** и **ReRAM**, које нуде већу густину података, брже приступе и повећану трајност меморије.

Будућност меморијских кола обећава даље побољшање у капацитету складиштења и брзини приступа, уз смањење потрошње енергије. Употреба **вештачке интелигенције** у управљању меморијом и потенцијални развој **квантне меморије** отвориће нове могућности у области дигиталних технологија.

Иако су савремени меморијски системи високо поуздани и безбедни, континуирана истраживања у области заштите података и техника као што су **Error Correction Codes (ECC)** и **Wear Leveling** осигуравају дужи животни век и боље перформансе меморијских модула.

Закључно, меморијска кола ће наставити да играју кључну улогу у дигиталној ери, омогућавајући нове иновације и доприносећи напретку информационих технологија.

11. Литература

[1] **Марјановић, Ј.** – *"Меморијска кола у дигиталној електроници"*, Електронски факултет у Нишу, предавања из предмета Дигитална електроника.

- <https://elektronika.elfak.ni.ac.rs/wp-content/uploads/2024/01/8.-Memorijska-kola.pdf>

[2] **Јовановић, Д.** – *"Импулсна и дигитална електроника"*, Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу, скрипта.

- <https://www.ftn.kg.ac.rs/docs/elektronika/impulsna%20i%20digitalna-skripta.pdf>

[3] **Ђокић, Б.** – *"Елементи електронике – дигитална кола"*, Електротехнички факултет у Београду, материјал за студенте.

- https://etf.bg.ac.rs/uploads/files/udzbenici/ElementiElektronike_DigitalnaKola.pdf

[4] **Милошевић, Н.** – *"Збирка задатака из програмабилних логичких кола"*, Висока школа за електротехнику и рачунарство, Београд.

- <https://www.viser.edu.rs/uploads/2018/09/45.pdf>

[5] **Трифуновић, С.** – *"Основи електронике"*, Електротехнички факултет у Београду, скрипта за студенте.

- https://tnt.etf.bg.ac.rs/~si1oe/pdf/Predavanja/Knjige/oaere_skripta.pdf

[6] **Стојановић, В.** – *"Дигитална електроника – принципи и пракса"*, Универзитет у Новом Саду, Технички факултет "Михајло Пупин".

- https://www.tf.uns.ac.rs/predmeti/digitalna_elektronika.pdf

[7] **Петровић, М.** – *"Микроконтролери и меморијска кола"*, Висока техничка школа у Новом Саду.

- https://www.vtsns.edu.rs/predmeti/mikrokontroleri_memorijska_kola.pdf