



Универзитет у Београду
Факултет за физичку хемију

ПРИМЕНА РАЧУНАРА у ФИЗИЧКОЈ ХЕМИЈИ

Милош Мојовић

Садржај:

1. Предговор
2. Рачунарски систем
3. Рачунарски хардвер
4. Рачунарски софтвер
5. Електронске компоненте рачунара
6. Рачунарске мреже и научне базе података
7. Основе рачунарских симулација
8. Основе савременог програмирања
9. Примена програма *MATLAB* у физичкој хемији
10. Рачунари и мерни инструменти
11. Задаци
12. Решења задатака

ПРИМЕНА РАЧУНАРА У ФИЗИЧКОЈ ХЕМИЈИ

Милош Мојовић

1. Предговор

Овај књига намењена је студентима Факултета за физичку хемију, Универзитета у Београду и представља уџбеник за предмете "Практикум из коришћења расчеснера" и "Примена рачунара у физичкој хемији". У првом делу књиге дате су неке основне информације о рачунарским системима са освртом на хардвер и софтвер рачунара, док други део књиге садржи кратак курс из програмског пакета "MATLAB" са примерима коришћења овог рачунарског окружења за решавање задатака из области физичке хемије.

2. Рачунарски систем

Рачунарски систем представља скуп машина (хардвера) и придржених програма (софтвера) који су организовани ради вршења аутоматске обраде података.

Историјски, све је почело 40-тих година прошлог века са развојем хардвера. Први рачунар био је ENIAC (енгл. *Electronic Numerical Integrator and Computer - ENIAC*), и развијен је од стране владе САД за потребе војске, тежио је 30 тона, био је висок 2.5 м, широк 1 м и дугачак 30 м. У његовом саставу било је 18 000 вакуумских цеви које је хладило 80 расхладних уређеја. Програми су се уносили у меморију ручно помоћу прекидача, бушених картица и папирних трака. 70-тих година прошлог века, појавила се идеја о новој употреби рачунара која је названа *time-sharing*. Идеја је била да више корисника има терминале који су повезани са главним рачунаром на коме се извршавају програми. Још један тип рачунарских система су тзв. мултипроцесорски системи где је постоји више процесора на једној плочи који деле меморију и периферије. Овакви системи имају велику снагу. Такође, постоје и мрежни системи где се сви процеси одвијају на посебним рачунарима али (помоћу адекватног оперативног система) свака машина има приступ једна другој. На овај начин, лако се могу делити фајлови и сваке друге информације.

Савремени рачунарски систем поседује четири основне функције:

- 1) **Функција преноса података** која представља операцију размене података са спољашњом околином (улазно-излазна операција). Ова функција обавља се коришћењем улазно-излазних уређаја. Уколико се пренос података врши до удаљених уређаја, тада се такав процес назива комуникациони процес (а уређаји који га врше - комуникациони уређаји).
- 2) **Функција обраде података** која представља примену различитих математичко-логичких операција у циљу добијања жељених информација на основу различитих улазних података. Обрада података обавља се у процесору.
- 3) **Функција чувања података** која представља привремено или стално складиштење информација ради потребе њихове касније употребе или обраде. Чување података врши се у меморији рачунара.
- 4) **Функција контроле** која се односи на пренос, обраду и чување података. Контролу могу да врше или корисници рачунарског система или управљачка јединица унутар њега.

Рачунаре можемо поделити према: примени, броју корисника који истовремено могу користити један рачунар и броју инструкција које рачунар може да изврши у једном тренутку.

Према примени рачунаре делимо на:

- 1) **Рачунаре опште намене** - који могу користити различите програме за решавање различитих проблема.
- 2) **Рачунаре специјалне намене** - имају инсталисан специјализован хардвер и софтвер који се користе само за посебне намене (управљање мерним уређајима, управљање индустријским процесима, прорачуни специјане намене итд.).

Према броју корисника који истовремено могу користити један рачунар, рачунаре делимо на:

- 1) **Једнокорисничке** - код којих сваки корисник има свој рачунар и на њему врши обраду својих програма.
- 2) **Вишекорисничке** - код којих централни рачунар опслужује све кориснике.

Факултет за физичку хемију

Према броју инструкција које рачунар може да изврши у једном тренутку, рачунаре делимо на оне који могу извршавати:

- 1) **Једноструке инструкције са једноструким подацима** (енгл. *Single Instruction, Single Data - SISD*), који подразумева рачунарске архитектуре у којима један процесор у једном тренутку може да изврши једну операцију над једним податком који се налази у једној меморији (Фон Нојманова архитектура).
- 2) **Једноструке инструкције са вишеструким подацима** (енгл. *Single Instruction, Multiple Data - SIMD*), који подразумева рачунарске архитектуре где више процесора у једном тренутку могу да врше исту операцију над више података истовремено.
- 3) **Вишеструке инструкције са једноструким подацима** (енгл. *Multiple Instruction, Single Data - MISD*), који подразумева архитектуру паралелне обраде где у једном тренутку више процесора обављају различите операције над истим подацима.
- 4) **Вишеструке инструкције са вишеструким подацима** (енгл. *Multiple Instruction, Multiple Data - MIMD*), је тип архитектуре где више процесора, независно функционишући, у једном тренутку извршавају различите инструкције над различитим подацима.

2.1 Структура рачунарског система

Сваки рачунарски систем састоји се из две основне компоненте: *хардвера* и *софтвера*. Рачунарски хардвер чине све физичке (материјалне, опипљиве) компоненте рачунарског система, док рачунарски софтвер представља скуп програма помоћу којих корисник комуницира са рачунаром (његов нематријални део). Хардвер и софтвер рачунара непрестано еволуирају. Оно што би данас могло да се назове "најновијом технологијом", већ се за годину дана може сматрати "застарелом". Ипак, неки основни принципи хардвера и софтвера остају исти, а сваки корисник рачунара мора почети свој пут у рачунарски свет у једном одређеном тренутку у коме се задесио.

Базични хардвер рачунара чине:

- 1) **Централна јединице за обраду података** (енгл. *Central Processing Unit - CPU*), која има функцију обраде података и контроле операција које рачунарски систем изводи. За централну јединицу за обраду података најчешће се користи термин - централна процесорска јединица или скраћено - процесор.
- 2) **Унутрашња и спољашња меморија**, које имају функцију чувања података.
- 3) **Улазно-излазни и комуникациони уређају**, који имају функцију преноса података између рачунарског система и његовог оперативног окружења.
- 4) **Магистрале**, које имају функцију успостављања комуникације између процесора, улазно-излазних и комуникационих уређаја и меморије. Комуникација подразумева како пренос података тако и инструкција за њихову обраду.

Међутим, да би рачунар исправно функционисао, поред набројаних базичних хардверских компоненти, рачунар у свом саставу мора поседовати и додатне хардверске и софтверске делове као што су: напајање, системе за хлађење, кућиште, матичну плочу, различите врсте картица за надоградњу хардверског система, БИОС рачунара (енгл. *Basic Input-Output System - BIOS*), установљен систем бутовања, чипсет, као и различите портове, слотове и интерфејсе за комуникацију.

Често се помиње сличност између рачунарских компоненти и архитектуре са функционалношћу људског организма (Чепмен & Хал). У процесу размишљања, код људи је ангажовано више органа. Мозак, који процесује информацију, је сличан централном процесору код рачунара. Процес људског размишљања је базиран на претходним искуствима, над подацима који су запамћени или оних које тренутно добијамо. Код рачунара, обрада података базира се на програму над подацима који су му доступни. Занимљива је и аналогија између рачунарске и људске меморије. Јудску меморију можемо посматрати као хијерархију три нивоа меморије: (1) привремену, аналогну регистрима на процесору и кеш меморији код рачунара, која краткотрајно садржи сензорне информације добијене од различитих чула; (2) краткотрајну, или радну меморију, која садржи податке који се директно обрађују, аналогну *RAM* меморији

рачунара (енгл. *Random-Access Memory* - RAM); (3) дуготрајну меморију, аналогну подацима које рачунар чува на меморијским уређајима као што је хард-диск, која представља људско памћење. Трећа аналогија су наша чула, чију аналогију чине различити улазни уређаји рачунара, којима осећамо своју околину, као и мишићи и говор, аналогно излазним уређајима рачунара, којима интерагујемо са њом. Четврта аналогија представља наш кардиоваскуларни и нервни систем, аналогно магистралама код рачунара, који имају функцију коминикације између свих горе поменутих компоненти.

Софтвер рачунара чине:

- 1) **Системски софтвер**, који има функцију контроле и координације рада различитих уређаја који су саставни делови рачунарског система. Најважнији део системског софтвера је скуп програма који се заједно називају *оперативни систем*.
- 2) **Апликативни софтвер**, који представља корисничке програме (апликације). Апликативни софтвер допушта корисницима да користе рачунар за решавање најразличитијих задатака. Постоји огромна количина различитог апликативног софтвера (за писање и форматирање текста, графички софтвер, математички софтвер итд.).

Системски и апликативни софтвер пишу по задатој потреби програмери користећи синтаксу која је карактеристична за одређени програмски језик.

3. Рачунарски хардвер

3.1. Напајање рачунара

Напајање рачунара конвертује наизменичну AC струју (енгл. *Alternating Current* - AC) из електричне мреже (напона 110V или 220V) у једносмерну DC струју (енгл. *Direct Current* - DC) напона 3.3V, 5V или 12V коју рачунар користи за свој рад. Једносмерни напон од 3.3V и 5V користи се за напајање дигиталних кола док се струја од 12V користи за напајање вентилатора и хард-дискова. Главна карактеристика напајања је његова снага. За исправан рад рачунара, треба користи

напајање чија снага представља укупну збирну снагу потребну за сваки потрошач, помножену са фактором 1.5.

3.2. Вентилатори

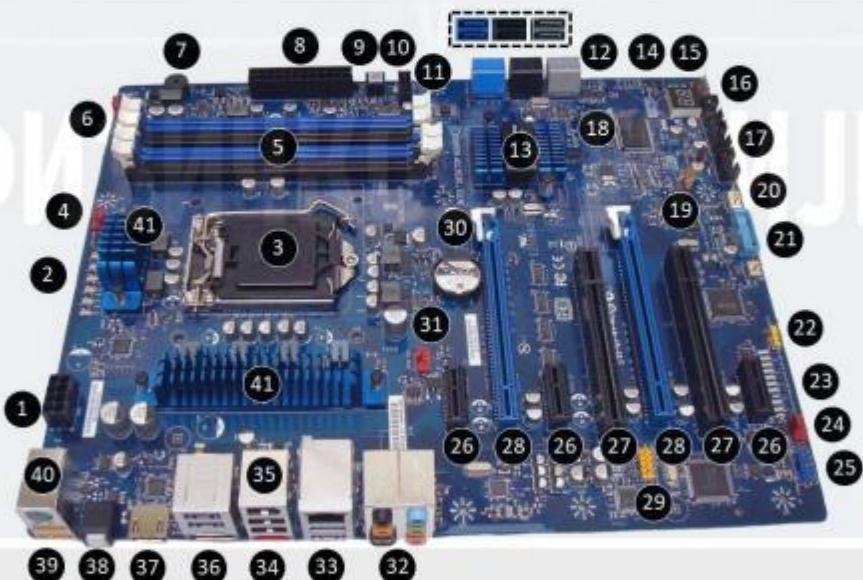
Пошто централни процесор, графичка карта, *RAM* и друге компоненте рачунара имају повећану потребу за потрошњом електричне енергије, долази до њиховог загревања. Температуру ових компоненти потребно је одржавати у оптималном опсегу да би се спречило њихово прегревање и нестабилност у раду. Постоји више начина како се реализује хлађење хардвера. Један од начина је пасивно хлађење које се постиже употребом специјаних измењивача топлоте који су тако дизајнирани да повећавају контактну површину које у контакту са флуидом за хлађење, како што је ваздух. Да би се повећао проток ваздуха до измењивача топлоте, често се користе различити вентилатори који представљају компоненте активног хлађења рачунара. За рачунаре који имају изузетво велику потрошњу електричне енергије, потребни су посебни системи за хлађење, који могу укључивати низ различитих флуида укључујући течни азот и течни хелијум.

3.3. Кућиште

Рачунарско кућиште представља скоро неизоставни део сваког рачунара. Кућишта могу бити различитих димензија које су познате као форм фактори. Величина и облик кућишта најчешће је одређена форм фактором матичне полоче, пошто је она највећа компонента већине рачунара. Деск-топ рачунари могу имати хоризонтално или вертикално кућиште док је облик и величина кућишта лап-топ и таблет рачунара специфична и зависи од модела и сврхе примене рачунара. С обзиром на тренд све већег степена интегрисања свих рачунарских компоненти, неки рачунари се данас испоручују без кућишта (нпр. Ардуино платформа). Иако је овакав рачунар потпуно функционалан и без кућишта, препоручљиво је ипак имати одређени ниво заштите отворених хардверских компоненти због могућег физичког оштећења и потенцијалног квара.

3.4. Матична плоча

Представља основно штампано коло које садржи најважније делове рачунарског хардвера. Матична плоча омогућава свим хардверским компонентама снабдевање електричном енергијом као и могућност њихове међусобне комуникације. Најчешће је причвршћена директно за кућиште рачура и њен облик и величина најчешће одређују и величину целог рачунара. У оквиру матичне плоче, или директно везани за њу, налазе се: централни процесор, *RAM*, мрежна карта, графичка карта, аудио карта и друга хардверска проширења. Данашњи стандардни форм фактори за матичне плоче су: *ATX* (енгл. *Advanced Technology eXtended*), *microATX*, *FlexATX* и *mini-ITX*. Матичну плочу карактеришу сокет¹ и чипсет².



Слика 1: Пример матичне плоче *Intel Z77*

¹ Сокет (енгл. *Socket*) је процесорско лежиште тј. облик утичнице у коју можемо укључити централни процесор.

² Чипсет (енгл. *Chipset*) представља све карактеристике тј. особине које има одређена матична плоча.

Табела 1: Хардверске компоненте матичне плоче *Intel Z77*

1. 12V конектор за напајање процесора (8 пина)	15. POST ¹ LED дисплеј	29. HD audio AC97 ² конектор
2. LED ³ сијалице статуса регулатора напона	16. Конектори индикатора за предњи панел	30. CMOS ⁴ RAM батерија
3. Процесорски сокет	17. Конектор за USB ⁵ 2.0 порт предњег панела	31. Конектор за задње вентилаторе у кућишту
4. Утичица за вентилатор на процесору (4 пина)	18. Индикатор да је кућиште отворено	32. Утичица за S/PDIF аудио (5 улаза)
5. Меморијски слотови	19. BIOS ⁶ Jumper ⁷	33. Утичица за Ethernet ⁸ LAN ⁹ (10/100/1000)
6. Конектор за предњи вентилатор у кућишту (4 пина)	20. CIR ¹⁰ конектор	34. IEEE 1394a порт
7. Звучник на матичној плочи	21. Конектор за USB 3.0 порт предњег панела (плав)	35. Екстерни SATA (eSATA) ¹¹ порт (3 Gb/s)

¹ POST (енгл. *Power-On-Self-Test*) је процес који изводи интегрисани софтвер производијача матичне плоче који се покреће одмах након укључивања рачунара.

² HD audio AC97 (енгл. *High Definition Audio*) је аудио стандард фирмe Intel који се користи за персоналне рачунаре.

³ LED (енгл. *Light Emitting Diode - LED*) је посебна врста полупроводничке диоде која емитује светлост када је пропушно поларисана, тј. када кроз њу тече струја.

⁴ CMOS (енгл. *Complementary Metal Oxide Semiconductor - CMOS*) је технологија комплементарног метал-оксид-полупроводника и користи се за израду интегрисаних кола.

⁵ USB (енгл. *Universal Serial Bus*) је универзална серијска магистрала намењена за спољашње прикључење различитих периферних уређаја.

⁶ BIOS (енгл. *Basic Input-Output System*) је управљачки софтвер уgraђен у рачунар и представља први софтвер који се извршава приликом укључивања рачунара.

⁷ Jumper предстаља краткоспојник, плочицу која има функцију да кратко споји два слободна пина.

⁸ Етернет (енгл. *Ethernet*) је протокол и најкоришћенија вишемедијумска технологија локалних рачунарских мрежа.

⁹ LAN (енгл. *Local Area Network*) је рачунарска мрежа намењена за личне рачунаре.

¹⁰ CIR је скраћеница од *Consumer IR* тј. *Consumer Infrared*, што се односи на технологију који се базира на коришћењу инфрацрвене светлости за бежичну комуникацију.

¹¹ eSATA (енгл. *external SATA*) је тип SATA конектора намењеног за екстерне конекције.

8. Конектор за главно напајање (2x12 пинова)	22. S/PDIF ¹ конектори (4 пина)	36. USB портови: 4 USB 3.0 порта (плави), 2 USB 2.0 порта (црни)
9. Прекидач за напајање на плочи	23. LED диоде које се користе за статус дијагностике	37. Излазни порт од графичке картице
10. +5V LED индикатор напајања	24. Прикључци за вентилаторе (4 пина)	38. Дугме за приступ BIOS софтверу
11. SATA ² 3.0 конектор (црни)	25. IEEE 1394a ³ конектор за предњи панел	39. PS/2 ⁴ порт
12. SATA портови: 4 SATA 6.0 порта (плави и сиви), 2 SATA 3.0 порта (црни)	26. PCI Express 2.0x1 ⁵ конектор	40. 2 USB 2.0 порта (жути), повећане ампераже
13. Intel® z77 Express чипсет	27. PCI bus ⁶ конектор	41. Модули за религисање напона са системом за одвођење топлоте
14. LED индикатор на предњем панелу	28. PCI Express 3.0 ⁸ конектор	

3.5. Графичка (видео) картица

Графичка (видео) картица (или видео адаптер) је експанзиони хардвер који се уградије као алтернатива интергрисаним графичким чиповима. Овај хардвер има улогу да транслира бинарне податке које прима из централне процесорске јединице *CPU* или графичке процесорске јединице *GPU* (енгл. *Graphics Processing Unit -GPU*, понекад и енгл. *Visual Processing Unit - VPU*) у слике које се приказују

¹ S/PDIF (енгл. Sony/Philips Digital Interface Format) је врста дигиталне аудио конекције која се може користити као излаз за звук.

² SATA или серијски ATA (енгл. Serial Advanced Technology Attachment) је рачунарски порт намењен првенствено за хард-дискове.

³ IEEE 1394a је стандардни серијски конектор за брзу комуникацију.

⁴ PS/2 (енгл. Personal System/2) порт је врста рачунарског порта који се користи за прикључивање тастатуре и миша.

⁵ PCI Express 2.0x1 је новији стандард за комуникацију између периферних рачунарских компоненти и матичне плоче у рачунару.

⁶ Intel корпорација (енгл. Integrated Electronics Corporation) основана је 1968. године у САД и данас је најпознатија попопроизводњи микропроцесора и других интегрисаних електронских кола.

⁷ PCI (енгл. Peripheral Component Interconnect) је стандард који одређује рачунарску магистралу за прикључење периферних уређаја на матичну плочу рачунара.

⁸ PCI Express 3.0x16 стандард је намењен графичким картама.

на неком екстерном уређају намењеном за ту сврху. Модерне графичке картице у свом саставу садрже различите портove који нам омогућавају да рачунар повежемо са различитом видео-опремом као што је: монитор, видео-пројектор, телевизор итд. Графичке картице такође садрже свој сопствени *RAM* који се назива видео меморија. Графичке картице садрже и своју сопствену процесорску јединицу *GPU*. Наиме, усмеравање процеса обраде слике са *CPU* на *GPU* знатно убрзава рад рачунара што је нарочито изражено уколико се рачунар користи за обраду слика, видео материјала или играње игрица.

3.6. Звучна (аудио) картица

Звучна катаџа је код највећег броја рачунара интегрални део матичне плоче. Њена улога је да омогући рачунару да репродукује и сними звукове. Да би корисник могао да чује и сними звук, потребно је да за њене портove прикључи звучнике и микрофон. Уколико корисник има веће захтеве у погледу квалитета звука, може да, поред ове базичне звучне картице, путем *USB* порта или *PCI* конектора, прикључи и додатну картицу са бољим перформансама.

3.7. Мрежна картица

Мрежна картица најчешће је интегрални део матичне плоче у оквиру које се налази неки облик мрежног интерфејса (енгл. *Network Interface Card - NIC*). Данас, већина корисника приступ интернету остварује преко мрежне картице конектовањем на мрежни порт путем UTP кабла и конектора (енгл. *Unshielded Twisted Pair - UTP*). Међутим, велики број преносних рачунара не поседује NIC, а самим тим ни UTP порт, већ се конекција на интернет остварује путем бежичног мрежног интерфејса (енгл. *Wireless Network Interface Controller - WNIC*). За ова рачунаре, уколико за то постоји потреба, мрежна катаџа се може накнадно докупити и повезати путем USB порта.

Милош Мојовић

3.8. Специјализоване картице за надоградњу хардверског система

Специјализоване картице се у рачунару користе да би додали нове портove старом рачунарском хардвери или да би прошириле број портова на постојећем рачунару. Овакве картице се најчешће убацују у експанзионе слотове на матичној плочи. Пример оваквог типа хардвера је картица која рачунар обогаћује новим USB 3.0 портовима или тзв. *FireWire* улазима.

3.9 Централна јединице за обраду података - централни процесор

Централни процесор је аритметичко-логичко-управљачка јединица која се користи за обраду података. Централни процесор који се прави као једно интегрисано коло зове се **микропроцесор**. Микропроцесор је чип који садржи *CPU* и малу количину меморије. Процесор је свакако најсложенији део рачунара. У њему се врши обрада података и управља највећим делом рачунарских компоненти. Најважнији делови процесора су: (1) аритметичко-логичка јединица, (2) управљачка јединица, (3) управљачки регистри, (4) регистри опште намене, (5) модул за опслуживање прекида, (6) модул за управљање магистралом и (7) кеш меморија. Функције процесора су да: (1) извршава операције обраде података дефинисане програмима и (2) врши управљање рачунарским процесима и интеракцијама између поједињих јединица рачунара.

Централни процесор се састоји из синхронизованих електронских кола. **Осцилатор** је посебно електронско коло процесора које генерише тактни сигнал процесора. **Тактни сигнал** је правоугаони електронски сигнал који иницира рад различитих електронских кола *CPU*. **Тактни циклус** је време трајања тактног сигнала. Током једног тактног циклуса се синхронизује рад електронских кола *CPU* како би се извршила једна његова основна операција. **Радни такт** процесора представља учсталост тактног сигнала тј. број тактних сигнала у секунди. Изражава се у гигахерцима ($1\text{GHz} = \text{милијарда тактних циклуса у секунди}$).

Брзина рада процесора зависи од више фактора: (1) радног такта, тј. фреквенције тактног сигнала, (2) дужине процесорске речи - бинарне речи која се преноси и обрађује унутар процесора, (3) ширине

магистрала и (4) величине кеш меморије. Сам процесор има највећи радни такт који може бити до пет пута већи од такта матичне плоче. Радни такт процесора можемо повећати изнад вредности које је прописао произвођач. Овај поступак се зове **оверклоковање** и може довести до прегревања и некоректног рада процесора.

Магистрала представља скуп физичких веза (штампана кола и каблови) помоћу којих се остварује комуникација између компоненти хвардвера. Магистрала која повезује две хардверске компоненте зове се **порт**. Сваку магистралу чине три функционалне целине: (1) адресна магистрала - која се користи за пренос адреса меморијских локација у које се уписују или са којих се читају подаци, (2) магистрала података - двосмерна је и преноси податке који се уписују или читају и (3) контролна магистрала - двосмерна је и преноси команде из *CPU* и враћа сигнал стања хардвера. Ширина магистрале процесора представља се бројем битова који се могу пренети или обрадити у једном радном циклусу. У том смислу, магистрале могу бити ширине: 4, 8, 16, 32 или 64 бита. Процесорске магистрале могу бити: (1) системске - које спајају *CPU* са *RAM* меморијом (енгл. *Front Side Bus - FSB*) и (2) улазно-излазне - које спајају *CPU* са другим компонентама. Радни такт саме магистрале представља брзину рада матичне плоче.

3.10. Меморија рачунара

Меморију рачунара **према месту налажења**, можемо поделити - на унутрашњу и спољашњу меморију. **Унутрашња меморија рачунара** састоји се из: главне меморије, регистра у процесору и кеш меморије процесора. **Спољашња меморија рачунара** налази се на различитим меморијским уређајима: дискови, траке, магнетно-оптички дискови, итд.

Меморију рачунара **према сталности записа** информација које чувају, можемо поделити на: меморије са привременим записом (губе информације по престанку напајања и меморије са сталним записом (не губе информацију по нестанку струје)).

Према технологији записа, меморије можемо поделити на полупроводничке, оптичке и магнетне.

Меморије можемо поделити и према према капацитету тј. количини информација коју меморија може да садржи. Капацитет меморије се изражава се у бајтовима или речима. Дужина речи зависи од типа процесора (најчешће дужине речи су 8,16,32 или 64 бита тј. 1,2,4 или 8 бајта). 1 бајт = 8 битова (бинарних цифара).

Меморије у рачунарском систему можемо приказати и у облику хијерархије (цени и брзини приступа). Један од најчешћих приказа овог типа је пирамида при чему се од врха ка дну пирамиде смањује цена бита меморије, повећава капацитет и време приступа а опада учесталост приступа меморији од стране централног процесора.



Слика 2. Хијерархија меморија

3.10.1 Унутрашња меморија рачунара

Регистри на процесору - налазе се на највишем месту у хијерархији меморија. Они се састоји из меморијских ћелија уграђених у састав централног процесора и обезбеђују податке потребне за његов рад, посебно аритметичко - логичку јединицу (енгл. *Arithmetic and Logic Unit - ALU*).

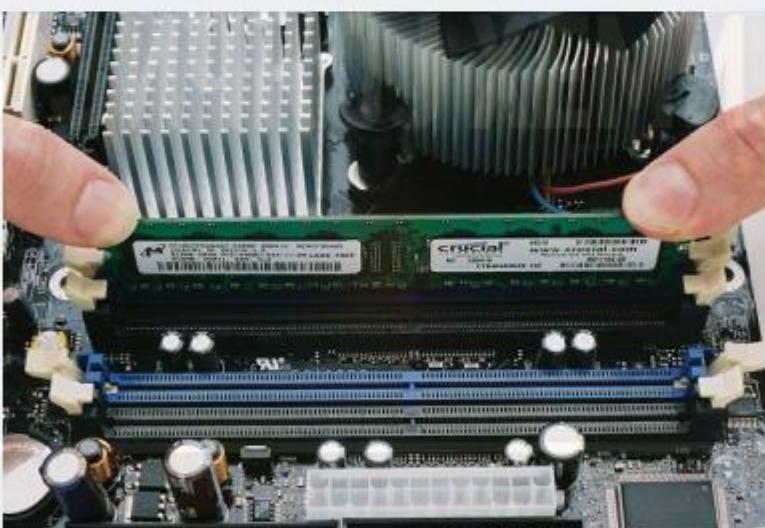
Кеш меморија - има основну сврху да премости разлике у брзини између процесора и главне меморије. Ако процесор често захтева неки податак из меморије, а он је претходно привремено смештен у кеш, тада ће брзина преноса података бити знатно већа. Тако, кеш меморија има функцију да повећа перформансе рачунарског система. Кеш нивоа 1 директно комуницира са централним процесором и снабдева га подацима. Капацитет кеш меморије нивоа 1 је мали, најчешће око 384 KB (за *Intel i7 Hexa core* процесор). Кеш меморија нивоа 2 типично се налази на меморијској картици која се налази у близини централног процесора и директно је повезана са њим. Комunikација кеш меморије нивоа 2 са централним процесором регулисана је инегрисаним колом на матичној плочи које се назива *L2 контролер*. Капацитет кеш меморије нивоа 2 често је већа него кеш меморије нивоа 1 и износи око 1.5 MB (за *Intel i7 Hexa core* процесор). Око 95% времена, централни процесор користи податке који се налазе у кеш меморији. Данас, неке врсте процесоре имају кеш меморију нивоа 2 већ уграђену у CPU чип, као и кеш меморију нивоа 3 (нпр. *Intel i7 Hexa core* процесор има 12 MB кеш 3 меморије). Због претходно реченог, од капацитета кеш меморије битно ће зависити перформансе централног процесора. И зато, у пракси, треба куповати рачунаре са процесором који има што више кеша. Данас се кеш меморија не налази само уз централни процесор већ саставља свуда (у диск уређаје, разне контролере, графичке картице, итд.). За кеш меморију примарно се користи специфични тип *RAM* меморије који се назива *SRAM* (енгл. *Static Random Access Memory - SRAM*) о којој ће нешто касније бити више речи.

Бафер меморија - слична кешу само што се у кешу налазе копије података који се налазе у главној меморији док су бафери подаци оригинално смештени.

RAM меморија - је тип меморије која се може произвољни број пута уписивати и брисати. Користи се за привремено меморисање програмских инструкција и података. Писање и брисање се врши помоћу електричних сигнална. *RAM* је нестална меморија (губи свој садржај по престанку напајања). Постоје 2 врсте *RAM* меморије: (1) *S-RAM* (статички *RAM*) - користи се за чување података путем флип-флоп комбинаторне мреже и не мора се освежавати у току времена

(бржа меморија али не претерано велика), (2) *D-RAM* (динамички *RAM*) - чува податке као наелектрисања у кондензаторима који се временом празне те се мора периодично извршити освежавање записа (спорија од *SRAM* али гушћи запис дозвољава велику количину меморије). Постоје подврсте *DRAM* меморије у зависности од технологија прављења: *FPM* (енгл. *Fast Page Mode - FPM*), *EDO* (енгл. *Enhanced Data Out - EDO*), *BEDO* (енгл. *Burst EDO - BEDO*), *CDRAM* (енгл. *Cache DRAM - CDRAM*), *SDRAM* (најчешће се користи у PC рачунарима као PC-66, PC-100, PC-133), *ESDRAM* (енгл. *Enhanced SDRAM - ESDRAM*), *DDR SDRAM* (енгл. *Double Data Rate SDRAM* - 2 пута бржа од *SDRAM*: *DDR1*, *DDR2*, *DDR3*, *DDR4*), *SGRAM* (енгл. *Synchronous Graphics RAM - SGRAM*, за графику), *RDRAM* (енгл. *Rambus DRAM - RDRAM*), *SLDRAM* (енгл. *Synchronous Link DRAM - SLDRAM*).

У пракси, *RAM* меморију можемо лоцирати као модуле који су убачени у меморијске слотове на матичној плочи.



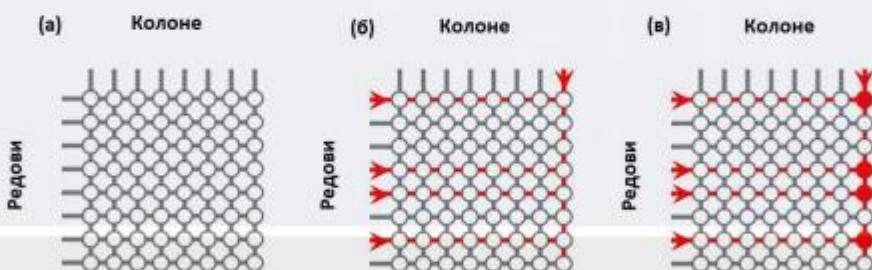
Слика 3: Пример *RAM* меморијског модула

Слично као микропроцесор, меморијски чип представља интегрисано коло које је састоји од милиона транзистора и кондензатора. У *DRAM* меморији, транзистори и кондензатори су упарени у тзв. меморијски ћелију која представља један бит информације. Наиме, кондензатор поседује једно од 2 стабилна стања која представљају један бит,

бинарну 0 или 1. Транзистор представља прекидач који омогућава контролном колу на меморијском чипу да или "прочита" кондензатор или промени његово стање.

Упрошћено речено, уколико кондензатор посматрамо као колектор електрона, 1 представља стање када су електрони присутни, а 0 када је кондензатор празан. Проблем је што се тај кондензатор спонтано константно празни за шта му је потребно свега неколико милисекунди. Због тога, да би динамичка меморија могла да функционише, потребно је непрекидно допуњавати кондензаторе који садрже бинарно 1. Кондензаторе је потребно допуњавати сваких неколико милисекунди и у томе учествује меморијски контролер који непрестано чита садржај меморије и назад уписује њен садржај. Овај процес се зове операција рифрешовања (енгл. *refresh operation*), по коме је динамичка RAM меморија и добила име. Аутоматско динамичко рифрешовање садржаја DRAM меморије негативно утиче на брзину меморије.

Меморијске ћелије налазе се на силиконској подлози у виду редова (енгл. *wordlines*) и колона (енгл. *bitlines*). У пресеку специфичног реда и колоне налази се **адреса** меморијске ћелије.



Слика 4: Схематски приказ принципа записа у меморијске ћелије: (а) празна меморијска ћелија; (б) присутан је напон на специфичним колонама и редовима; (в) наелектрисање је присутно на 4 меморијске ћелије.

Меморија ради по принципу слања наелектрисања у одговарајућу колону при чему се у њој активира транзистор на сваком биту.

Приликом записивања података, долази до активирања одговарајућих редова. Приликом читања, посебан појачавач одређује ниво наелектрисаности кондензатора. Уколико је он већи од 50%, то се тумачи као 1, а ако је испод 50%, то је 0. Процес записа и читања свих података на меморијском чипу се одвија у наносекундном режиму.

Да би се процес читања и записа података са меморијског чипа успешно одвијао, потребна је читава инфраструктура специјализованих кола за: идентификацију редова и колона (енгл. *row address select* и *column address select*), праћење секвенце рифрешовања записа (енгл. *counter*), читање и обнављање записа у меморијској ћелији (енгл. *sense amplifier*), означавање меморијских ћелија у које ће подаци бити уписаны (енгл. *write enable*).

Други облик RAM меморије - *SRAM* (енгл. *Static Random Access Memory - SRAM*), се примарно користи као кеш меморија. *SRAM* меморија садржи већи број транзистора (4-6) по свакој меморијској ћелији, као и флип-флоп механизам који одређује 2 могућа стања меморије. *SRAM* меморија се не мора константно освежавати као *DRAM* меморија што је чини и знатно бржом. На жалост, комплексност ове меморије чини да она заузима много више простора на чипу као и њену високу цену.

Значи, можемо закључити да је *SRAM* меморија по карактеристикама брза али по цени скупа, док је *DRAM* меморија по цени јефтинија али по карактеристикама спорија. Због тога, *SRAM* меморија се користи као кеш меморија док се *DRAM* меморија користи као системска *RAM* меморија.

ROM меморија - (енгл. *Read Only Memory - ROM*) је меморија чији је садржај сталан и не може да се мења. Због ове особине се често користи за чување системских програма као што је БИОС рачунара (енгл. *Basic Input Output System - BIOS*). Предност ове меморије је брз приступ подацима а мана је што грешка (квар) тражи замену целог чипа. Данас постоји више верзија *ROM* меморије: (1) *PROM* (енгл. *Programmable ROM - PROM*) - *ROM* који се испоручује празан и може се уписати само једном; (2) *EPROM* (енгл. *Erasable PROM - EPROM*) то

је *PROM* меморија која се може брисати помоћу УВ зрака; (3) *EEPROM* (енгл. *Electrically EPROM - EEPROM*), што је *EPROM* који се може брисати помоћу струјом; (4) *FLASH* меморија - слична је *EEPROM* меморији при чеми брисање података траје дуже али је меморија јефтинија те од 2013. године, *FLASH* постаје доминантан тип меморије где год се захтева значајна количина стабилног, полупроводничког складиштења.

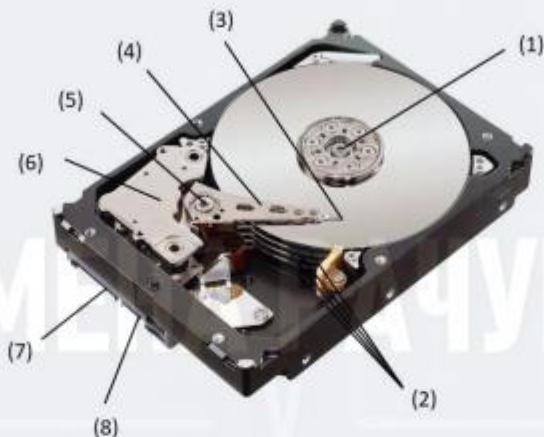
Принцип записа података на *FLASH* меморију заснива се на два транзистора која су међусовно одвојена танким слојем оксида. Један транзистор се у жаргону назива "плутајућа врата" а други "контролна капија". Када постоји веза између ова два ентитета, меморијска ћелија има вредност 1. Да би се вредност меморијске ћелије променила у 0 користи се процес који се зове Фовлер-Нордхајмово тунеловање, који представља пролазак електрона кроз такак слој изолатора у јаком електричном пољу. Према различитој организацији логичких кола, постоје две главне врсте *FLASH* меморије: *NAND* (енгл. NOT-AND) и *NOR* (енгл. NOT-OR). Док *EEPROM* меморија мора бити потпуно избрисана пре него што се подаци препишу, тип *NAND* морије може да се пише и чита у блоковима док *NOR* тип *FLASH* меморије омогућава упис једне машинске речи - бајта на обрисану локацију.

3.10.2 Спољашња меморија рачунара

Садржи податке и програме који се не користе активно у одређеном тренутку. Садржај спољашње меморије је сталан и не нестаје са престаком напајања. Спорија је од унутрашње меморије али зато има већи капацитет. Типови спољашње меморије су: (1) Магнетни дискови (хард-дискови), дискете, магнетне траке; (2) Оптички дискови (*CD-R*, *CD-RW*, *DVD-R*, *DVD-RW*, *HD-DVD*, *Blue-Ray* итд.); (3) *USB FLASH* меморије.

Хард-диск са покретним деловима се састоји из кружних плоча величина између 1.8 и 5.25 инча које се праве од метала или пластике и превлаче материјалом који има магнетна својства. Подаци се записују и читају помоћу посебног проводника са калемом (уписно-читајућа глава). За време уписа података, глава је непомична а

ротира плоча испод ње. Основни делови хард-диска са покретним деловима приказани су на слици 5.



Слика 5: Основни делови хард-диска са покретним деловима; (1) осовина диска; (2) магнетне плоче; (3) уписно-читајућа глава; (4) казаљка (рука покретача); (5) осовина покретача; (6) побуђивач (покретач); (7) конектор за напајање; (8) SATA конектор.

У структури магнетне плоче хард-диска можемо разликовати: **секторе, траке (стазе), кластере и цилиндре**. Њихов схематски приказ приказан је на слици 6.

На хард-диску, подаци се смештају у оквиру танких, концентричних области које се називају **траке**. На једном 3.5 инчном хард-диску може постојати више од хиљаду трака. Траке представљају више логичку него физичку структуру и успостављају се током процеса форматирања диска ниског нивоа (тзв. *low-level formatting*). Означавање трака почиње од броја 0, и трака са бројем 0 се налази најдаље од осе ротације магнетне плоче. Уколико диск има 1024 трака, она са највећим бројем налази се најближе оси ротације плоче и носи ознаку 1023. Између трака је празан простор који спречава интерференцију између магнетних поља.

Скуп свих трака које се налазе на подједнакој удаљености од осе ротације диска назива се **цилиндар**. Ако диск има 1024 цилиндра, онај који носи број 1023 садржи све траке, на свим плочама, које се налазе најближе оси ротације диска.

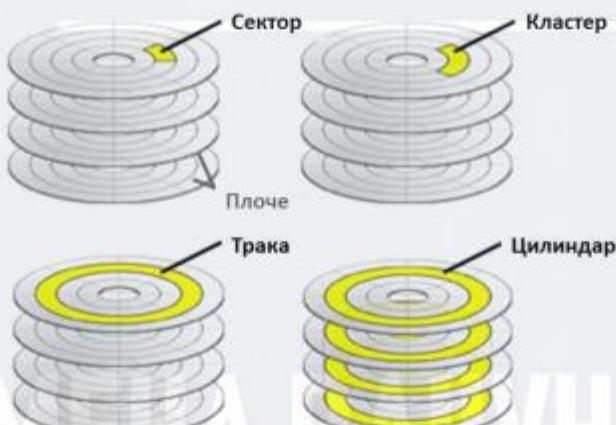
Већина ротирајућих дискова који се користе у данашњим персоналним рачунарима ротирају константном угаоном брзином. То значи да су траке које се налазе даље од осе ротације попуњене подацима мањом густином него оне које се налазе ближе оси ротације диска.

Свака трака је подељена на **секторе**. Сектор је најмања физичка јединца у оквиру које се могу чувати подаци на хард-диску. Количина података која се може чувати у оквиру једног сектора је увек степен броја 2 и најчешће износи 512 байтова. Свака трака има исти број сектора што значи да су сектори који се налазе ближе осе ротације диска краћи. Суседни сектори су развођени празнинама које се користе као ознаке за почетак и крај сектора.

Током уписа података на хард-диск, систем за упис фајлова одређује одговарајућу групу сектора у оквиру којих ће подаци бити уписани, тј. одговарајући број **кластера**. На пример, ако сваки сектор може садржати 512 байтова, а податак има 1600 байтова, за упис тог податка биће обазбеђен кластер од четири сектора. Међутим, може се десити да због заузетости на постоји могућност уписа података у суседне секторе. Тада, део податка се уписује на другом месту на диску тј. долази до његове фрагментације што касније успорава процес читања података због тражења његове комплетне локације на диску.

Милош Мојовић

Факултет за физичку хемију



Слика 6: Схематски приказ структура магнетних плоча хард-диска.

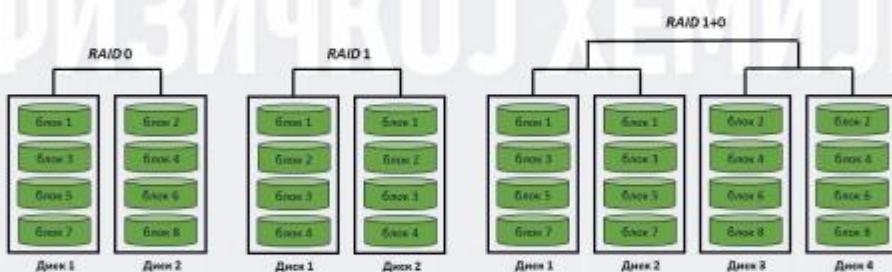
Подаци се могу уписивати у секторе у оквиру стаза (секторски метод) или по вертикалама у оквиру цилиндра (цилиндрични метод) пошто су читачи истовремено изнад паралелних сектора.

Диск се може и партиционисати, што значи да се одвајају поједине групе цилиндара које оперативни систем може да посматра као појединачне дискове. Упис података на диск се врши помоћу магнетног поља која формира струја у писачу. Подаци се читају индуковањем струје магнетним пољем које се помера испод читача.

Solid-state хард-дискови су хард-дискови који немају покретних делова. Они за запис података користе *FLASH* меморију (*ROM*) или *DRAM* тј. *SRAM* меморију (*RAM*). Њихове предности у односу на хард-дискове са покретним деловима су да из разлога што немају покретних делова постоји мања могућност да се деси кварт, бржи су и тиши, мање троше електричну струју, мање се греју и добро подносе ударце. Њихове мане су још увек виша цена у односу на механичке хард-дискове за сада још увек мањи капацитет и већа осетљивост на промену напона и утицај спољашњег магнетног поља.

RAID (енгл. *Redundant Array of Independent Disks - RAID*) технологија направљена је да подржава велики број дискова са контролерским

чипом и уграђеним специјализованим софтвером. Уместо да смешта податке на јединицу диска једним путем, RAID технологија истовремено размешта податке преко више паралелних путева. Неки рачунарски системи (нпр. сервери) траже много бржи трансфер података који им данашњи хард-дискови могу да пруже. У том циљу, креирана је RAID-0 технологија која се базира на комадању података на више различитих дискова (*data stripping*) приликом чега долази до знатног побољшања перформанси рачунарског система. Са друге стране, неки корисници траже заштиту података и то им обезбеђује RAID-1 технологија. Она се базира на истовременом запису података на два или више дискова (*data mirroring*). Поред ове две, постоји и још читав низ RAID технологија (2, 3, 4, 5, 6, 10, 30, 50, 60, 100, 1+0) којима је обухваћен читав низ метода складиштења података које комбинију више компоненти хард-дискова у јединствену логички целину и циљу побољшања поузданости, расположивости, перформанси и капацитета записа. Неки примери RAID технологија приказани су на слици 7.



Слика7: Примери RAID технологија

Форматирање хард диска представља припрему хард-диска да би на њега могли да се уписују нови подаци, тј. прављање празног фајл-система. Постоје два основна типа форматирања: (1) Форматирање ниског нивоа (*low level formatting*), што представља форматирање плоча и инсталацију основних карактеристика диска као нпр. броја сектора. Овај вид форматирања се већ обавља у фабрици тако да овакво форматирање најчешће није ни потребно. Повратак података са диска након оваквог вида форматирања диска није више могућ; (2) Форматирање високог нивоа (*high level formatting*), што представља

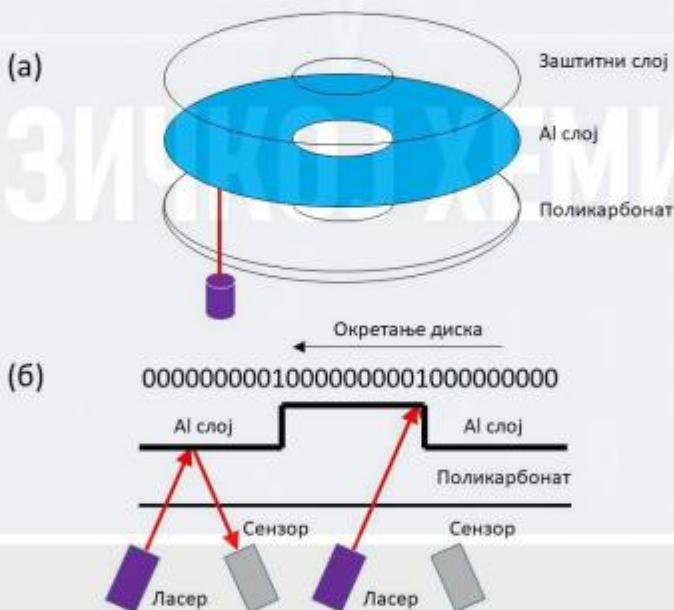
припрему диска за упис података према специфичним системима фајлова који су карактеристика одређеног оперативног система. Овај процес укључује и форматирање **boot сектора** на хард диску. **Boot** сектор представља место на хард-диску на коме је смештен једноставан програм који обавља иницијализацију оперативног система и без њега оперативни систем не може почети свој рад. Повратак података после оваквог вида форматирања је могућ уколико преко њих нису уписивани нови подаци.

Партиционисање хард-диска представља креирање логички одвојених целина на једном хард-диску које рачунар посматра као посебне диск-јединице. У *DOS* и *Windows* оперативном систему постоје два основна типа партиција: (1) **Примарна партиција** (*primary partition*) која представља партицију на хард-диску која се понаша као да је посебан диск. Примарних партиција може бити највише четири, што значи да се на истом хард-диску могу покренути четири оперативна система. Међутим, у истом тренутку само само једна партиција може бити активна. Примарна партиција може (а не мора) садржати оперативни систем и то је обично (уколико је у питању *Windows* оперативни систем) диск означен словом *C*: (2) Једна (и само једна) од четири примарне партиције може бити **проширења партиција** (*extended partition*). Значи, рачунар може имати до четири примарне партиције или три примарне партиције и једну проширену партицију. Проширења партиција је партиција у оквиру једне примарне партиције која није активна и која не садржи оперативни систем. Проширења партиција сама по себи не може чувати податке већ је то назив који се користи за опис дела диска који ји садржи партиције које чувају податке које се називају **логичке парције** (*logical partitions*). Не постоји ограничење у броју логичких партиција. На пример, диск који има партиције *C: D: E: F:* (и *Windows* оперативни систем) користи две примарне партиције. Прва је активна *DOS* примарна партиција и то је *C:* диск на коме се налази оперативни систем. Друга је проширења *DOS* партиција која је подељена на три логичке партиције *D: E: F:* *DOS* ће препознавати само активну примарну партицију и то треба имати у виду приликом рада са овим оперативним системом.

Оптички дискови су до скоро били једни од највише коришћених медијума за архивирање података. Највише користи од технологије оптичких дискова имају меморијски-захтевне апликације као што су мултимедија и обрада слика. Слично као и код магнетних дискова, код оптичких дискова подаци се читају тако што што плоча диска ротира испод механизма за читање али технологија записа је сасвим другачија. До данас, развијни су различити типови оптичких дискова: (*CD/R/RW, DVD+/-R/RW, DVD/DL, BlueRay, HD*). Постоје два основна механизма за писање и читање података: (1) *CAV* (енгл. *Constant Angular Velocity - CAV*) и (2) *CLV* (енгл. *Constant Linear Velocity - CLV*). У првом случају диск се обреће константном брзином при чему подаци по његовом ободу пролазе испод читача већом брзином него подаци који се налазе ближе центру. Ова разлика у времену за које се подаци могу прочитати или уписати се надокнађује повећањем простора међу битовима на деловима диска ближем ободу. Недостатак ове методе је неекономично коришћење простора на диску. У другом случају, подаци се записују на целом диску у сегменте једнаке величине, приликом чега мора постојати механизам да диск ротира спорије приликом читања података који се налазе ближе ободу диска, а брже приликом читања података који се налазе ближе центру диска. На овај начин, читање података се обавља константном линеарном брзином. Често, уместо више концентричних кругова, поставља се једна спирална стаза на којој се врши упис података. Оптички дискови обухватају: *CD-ROM* (енгл. *Compact Disc-Read Only Memory - CD-ROM*) дискове, *CD-R* (енгл. *CD-Recordable - CD-R*) дискове и *CD-RW* (енгл. *CD-ReWritable - CD-RW*) дискове. Основни формати за записивање система датотека на оптичким дисковима су: *ISO 9660* који је већ застарео јер је ограничен именом датотеке до 31 карактера, *Joliet* који подржава дугачка имена датотека, *Rock Ridge* који представља побољшани *ISO 9660* формат и *UDF* (енгл. *Universal Digital Format - UDF*) који има решен проблем величине фајлова. Пречник нормалног диска је стандардно 120 mm, а дебљина 1.2 mm, мада постоје и дискови који су мањих димензија. Подаци на овом типу оптичких дискова се смештају секвенцијално у сектрома величине 2 KB док се за запис и читање података користи инфрацрвени ласер од 780 nm. Капацитет стандардног оптичког диска је 700 MB. Постоји више различитих верзија CD носача

информација: CD-DA (енгл. CD-DigitalAudio - CD-DA), CD-WO (енгл. CD-WriteOnly - CD-WO) итд.

CD-ROM дискови се праве од поликарбоната у који се у току производње утискују рупице на спиралној путањи од унутрашњег дела диска ка споља. Затим се преко њих ставља танка високо-рефлективна површина која обично од алуминијума, а затим и заштитни слој (слика 8 а). На овај начин се праве фабрички дискови (нпр. музички). Подаци се читају на следећи начин: ласер се нормално рефлектује о алуминијумски слој, али када нађе на неравнину (која је дубине око 1/4-1/6 таласне дужине ласера), оптички сензор детектује промену угла рефлексије ласера и нестанак сигнала (слика 8 б).



Слика 8: (а) Саставни делови и (б) принцип читања података са CD-ROM диска

Да би се успешно реализовао процес читања података, CD-читач ради на следећем принципу: (1) електромотор врти диск променљивом брзином, (2) електромотор помера ласер од унутрашњости ка споља,

(3) подаци се декодирају помоћу рачунара. Мотор CD-читача успорава ротацију диска како ласер иде ка ободу због већ поменуте константне брзине читања.

CD-R дискови: Објашњен принцип уписивања података код *CD-ROM* дискова није практичан за кућну употребу, те се зато комерцијално најчешће користе *CD-R* дискови. *CD-R* дискови немају брдашца тј. рупице као "штампани" дискови, већ су равни. Међутим, изнад слоја пластике постоји слој боје изнад кога је слој Al, а затим слој заштите. Када се боја загреје (у резачима постоји поред слабијег ласера за читање и "јачи" ласер који служи за уписивање података), она потамни и светлост не може проћи кроз њу. Овако, и поред тога што нема рупицу, ласер може разликовати различите области на *CD-R* диску, те се подаци могу записивати и читати.

CD-RW дискови: За разлику од *CD-R* дискова, овај оптички медијум има опцију вишеструког уписивања и брисања података. Принцип рада ових дискова базиран је на технологији промене фаза. Елемент чија се фаза мења је једињење састављено од сребра, антимона, телура и индијума. Када се ово једињење загреје до 600°C постаје течност, и ако се брзо охлади остаје аморфног облика који је нетранспарентан за светлост читајућег ласера. Са друге стране, ако се ово једињење загреје до 200°C , оно само омекша, али може потом брзо заузети кристалну форму која пропушта светлост. Према томе, код ове методе записа података, морамо имати три ласера: (1) један који се користи само за читање, (2) један који загрева диск до 600°C и користи се за упис података, (3) један који загрева диск само до 200°C који се користи за форматирање диска, тј. брисање података. *CD-RW* дискови се испоручују у кристалној форми, спремни за упис. Проблем ове технологије је што *CD-RW* дискови не рефлектују довољно светlostи, те су често некоматибилни са старим *CD-R* читачима који их не могу препознати.

DVD (енгл *Digital Video Disc, Digital Versatile Disc - DVD*) су оптички дискови већег капацитета, али физички исте величине као *CD-ROM/R/RW* дискови. Њихов капацитет је 4.7 GB по једном нивоу записа на диску. Принцип рада ових дискова је исти као код *CD-ROM/R/RW* дискова или се овде уместо ласера од 780 nm користи ласер од 650 nm те је зато густина записа већа. Да би се још више повећао капацитет, постоје и вишеслојни *DVD* носачи података који имају унутрашњи рефлексиони слој од алимунијума али су

спољашњи слојеви од седам-транспарентног злата, што знатно утиче на њихову цену. И код овх дискова постоји исти принцип спиралног читања података од унутрашњег дела диска ка споља. Дужина траке је 12 km на једнослојном диску. Принцип читања је као код *CD-ROM/R/RW* дискова, осим и случају када се читају вишеслони дискови. Запис на другом слоју не почиње са унутрашње већ иде од спољашње стране ка унутра при чему ласер само на крају првог слоја промени фокус и настави да чита. На овај начин скраћује се време приступа подацима. И овде такође постоји оптимизација брзине ротације диска због потребе за константном брзином читања.

***HD-DVD* и *Blue-ray (BD)* дискови:** Због растуће потребе за чувањем све веће количине података, појавили су се оптички медијуми који за уписивање и читање података користе ласере од 405 nm. *HD-DVD* дискови имају капацитет од 15 GB, уколико је запис монослојан, или 30 GB уколико је запис двослојан. *Blue-ray (BD)* дискови имају капацитет од 25 GB у монослојном или 50 GB у двослојном запису. Постоје и *THD* (енгл. *Total Hi Def - THD*) дискови који су са једне стране *BD* а са друге *HD-DVD*.

Остали облици спољашње меморије: Поред *USB Flash* меморије, која је данас један од најраспрострањенијих видова спољашње меморије, постоје још и други видови меморија које су се развијале у складу са постојећом технологијом. Неке от таквих меморија су: (1) **Мехураста меморија** (енгл. *Bubble Memory*), која за запис података користи магнетне површине у облику мехурова на полуправдничком чипу. Међутим, ова меморија је била базирана на превазиђеној технологији и више се не користи; (2) **PCMCIA картични меморијски уређаји** (енгл. *Personal Computer Memory Card International Association - PCMCIA*), која се може користити у преносним рачунарима који имају овај тип конекције. Међутим, ова меморија се данас мало користи с обзиром да је *PCMCIA* порт замењен другим, бржим видом конекције; (3) **SC картице** (енгл. *Smart Cards*) које садрже садрже микропроцесор и меморијски чип на малој површини у оквиру пластике која је величине кредитне картице. Овај тип меморије је данас све више заступљен с обзиром на све већи тренд коришћења различитих платних, телефонских, и картица за лична документа.

Поред поменутих видова меморије, постоје и још пуно типова екстерних и интерних меморија које се мање или више успешно користе, или су само у фази развоја. Неке од њих су: меморијска дугмад (контактна меморија), хибридне меморијске коцке (енгл. *Hybrid Memory Cube - HMC*), *FRAM* (енгл. *Ferroelectric RAM - FRAM*), *MRAM* (енгл. *Magnetoresistive RAM - MRAM*), *PCM* (енгл. *Phase Change Memory - PCM*), *RRAM* (енгл. *Resistive RAM - RRAM*), *OxRAM* (енгл. *Oxygen displacement RAM- OxRAM*), *CBRAM* (енгл. *Conductive Bridging RAM - CBRAM*), *NRAM* (енгл. *Nantero RAM - NRAM*) или *CNTRAM* (енгл. *Carbon Nanotubes RAM - CNTRAM*), меморије базиране на *VLT* (енгл. *Vertical Layered Thyristor*) технологији, и друге. Нови трендови у развоји физичке хемије материјала знатно доприносе појави нових меморијских технологија, а време ће показати која од њих ће у будуће провладати у свету рачунара.

3.11. Периферни уређаји

Представљају везу околине са рачунаром и обрнуто. Периферне уређаје делимо на:

- Улазне
- Излазне
- Улазно-излазне

Улазни уређаји прикупљају информације из околине и претварају их у облик који рачунар "разуме". У те уређаје спадају: миш, тачпед, тастатура, скенер, веб-камера, џојпед, микрофон, итд.

Излазни уређаји преузимају податка са рачунара и приказују их у облику употребљивом за људе. У те уређаје спадају: монитор, штампач, звучници, пројектор, 3Д штампач итд.

Улазно-излазни уређаји су уједно улазни и излазни тј. имају улогу да примају и приказују информације. У те уређаје спадају: екрани осетљиви на додир, модем, мрежна карта итд.

Поред набројаних, постоји још велики број оваквих уређаја и практично их је немогуће све набројати, нарочити пошто се

Факултет за физичку хемију

свакодневно осмушљавају нови начини комуникације са рачунаром. Сви ови уређаји се прикључују на рачунар помоћу У/И (Улазно/Излазног) модула тј. интерфејса који комуницира директно са процесором и обрнуто (процесор преко њега обавља комуникацију са периферним уређајима).

У/И модули: Директно су прикључени за системску магистралу и обезбеђују размену информација са У/И уређајима и контролу њиховог рада на начин који најмање утиче на перформансе рачунарског система. (с обзиром да су У/И уређаји знатно спорији од процесора и меморије). Основне функције У/И модула су: (1) контрола и усклађивање саобраћаја (између периферија и рачунара); (2) комуникација са процесором (слање сигнала и података преко магистрала); (3) комуникација са уређајима (исто то само са уређајима); (4) прихватање и баферисање података (процесор и меморија податке преузимају искључиво из У/И бафера); (5) откривање грешака (грешке у преносу података, стању уређаја нпр. нема папира у штампачу итд.). Тачка прикључења периферног уређаја са рачунаром зове се У/И (Улазно/Излазни) порт који се најчешће састоји од 4 регистра (статус, контрола, дата-ин и дата-аут). Да би комуникација периферних уређаја са процесором била могућа, потребни су комуникациони програми које ће процесор извршавати. Ти програми се зову драјвери.

Проблем са извршавањем У/И операција је тај што оне захтевају интервенцију централног процесора при преносу података између меморије и У/И модула. Приликом извршавања сваке У/И операције, остали програми (који не користе У/И уређаје) морају да чекају, што је посебан недостатак када долази до преноса веће количине података (може доћи до зантног успоравања рада рачунара). У овим случајевима, ефикасније је применити технику преноса података названу DMA (енгл. *Direct Memory Access - DMA*). DMA захтева додатни модул прикључен на системску магистралу који се назива DMA контролер (то је у ствари специјализовани процесор који може да извршава програме из У/И модула).

Милош Мојовић

4. Рачунарски софтвер

4.1 Оперативни систем

Представља најважнији део системског софтвера. Омогућава рачунару да извршава основне функције као што је рад са апликативним софтвером. Садржи интерфејс према корисницима (оперативно окружење) и теже да чине рад са рачунаром маклимано комфорним. Оперативни систем је системски софтвер који управља активностима рачунара, контролише хардвер рачунара и извршавање корисничких програма. Основни циљеви квалитетног оперативног система су да: (1) обезбеди удобан рад корисника; (2) обезбеди ефикасно коришћење рачунарских ресурса; (3) обезбеди стабилност и сигурност у раду са рачунаром. На жалост, често је проблем је што ефикасност, удобност и стабилност нису заједничке карактеристике једног истог оперативног система.

Постоји битна корелација између снаге рачунарског система и могућности оперативног система. Рачунари веће снаге могу да подрже (али и захтевају) моћнији оперативни систем. У општем случају, функције савремених оперативних система могу се поделити у четири категорије: (1) заузимање и додељивање системских ресурса (централном процесору, меморији, У/И уређајима додељује све потребне ресурсе за извршење неког посла). То ради скуп програма оперативног система који се зове супервизор (кернел); (2) распоређивање различитих послова (одређивање на који начин ће ресурси обављати неки посао); (3) надгледање активности система (нпр. обавештавање о грешкама); (4) остваривање интерфејса између корисника и рачунара (некада је био линијски режим рада као ДОС (енгл. *Disk Operating System - DOS*) или Јүникс (енгл. *Unix*), али данас се користи *GUI* (енгл. *Graphical User Interface - GUI*) режим као што је на пример: *Windows*, *Mac OS* или *Linux*.

Оперативне системе можемо поделити према: (1) технологији рада (нпр. *Unix*, *Windows* ...); (2) власништву и лиценци (власништво неке фирме или отворени софтвер - енгл. *Open source*); (3) радном окружењу (старији као *DOS* или *OS/2*, или новији као што су *Windows*, и различити оперативни системи базирани на *Linux* окружењу); (4)

сврси (истраживање, производња, забава, развој, итд.). Тренутно постоји огроман број оперативних система који се користе у различитим уређајима (мобилним телефонима, конзолама за игру, серверима, кућним рачунарима, индустријским уређајима итд.). Неки примери актуелних оперативних система су: *Android*, *Windows*, *iOS*, *OS X*, *Linux* (*Ubuntu*, *CentOS*, *openSUSE* ...), као и многи други.

Оперативни систем користи предефинисану базу података да би омогућио хардвер-софтвер интеракцију. Пошто кориснички програми немају директан приступ хардверу рачунара, њихова комуникација са корисником одвија се преко оперативног система. Оперативни систем је сам по себи програм, али његови приоритети нису исти како код корисничких програма. Оперативни систем користи тзв. мод језгра (енгл. *kernel mode*) за разлику од корисничких програма који користе тзв. кориснички мод (енгл. *user mode*). Разлика је у томе што су све инструкције хардверу валидне у *kernel* моду што није случај за *user* мод. Оперативни систем има врло комплексну структуру и типично га чине следеће компоненте:

Микро код (енгл. *microcode*) који представља скуп програма који су специфични за одређени хардвер рачунара. Да би исти оперативни систем могао да функционише на различитим хардверским платформама, овај скуп програма је груписан у један модул који се зове *BIOS*. Као што је претходно поменуто, овај скуп програма је уписан у *ROM* меморију, на чипу који се налази у саставу матичне плоче.

Језгро (енгл. *kernel*) је скуп програма оперативног система који контролише: приступ рачунару, организацију меморије, организацију датотека, распоред рада процеса и расподелу системских ресурса. Ови програми раде у посебном режиму рада (*kernel mode*, *supervisor mode*) хардверски заштићеном од могућих утицаја корисника.

Љуска (енгл. *shell*) јесте командни интерфејс који интерпретира улазне команде корисника и/или њихових програма, и активира одговарајуће системске програме који чине језгро система. Интерфејс је нешто што повезује (усклађује) две ствари. Код хардвера под овим појмом сматра се уређај који омогућава повезивање два хардверска уређаја а код софтвера то је програм који повезује два

програма или корисника са програмом. Овде се мисли на изглед екрана и начин комуникације корисника и рачунара.

BIOS рачунара: *BIOS* (енгл. *Basic Integrated Operating System - BIOS*) је прва приказ на екрану који корисник види када укључи рачунар. *BIOS* је специјализовани софтвер који повезује основне хардверске компоненте рачунара са оперативним системом. *BIOS* се уобичајено налази на *FLASH* меморијском чипу који се налази на матичној плочи и има своје сопствено напајање у виду батерије, а понекад може бити нека друга врста *ROM* меморије. *BIOS* софтвер има више различитих улога али једна од најважнијих је учитавање оперативног система. Када укључимо рачунар, микропроцесор најпре покуша да изврши свој први задатак. Али, инструкцију за извршење мора добити са неког другог места осим од оперативног система, с обзиром да се оперативни систем налази на хард-диску а у том тренутку микропроцесор нема инструкције како да приступи систему. Управо му *BIOS* даје те инструкције.

Основни задатак *BIOS*-а је да припреми и упозна рачунар са основним периферијама које су му на располагању (енгл. *Power On Self Test - POST*). Он затим активира *BIOS* чипове на другим хардверским компонентама које га имаји, као што је нпр. графичка карта. Затим у процесу бутовања омогућује припремне операције за повезивање оперативног система са различитим харверским компонентама као што су тастатура, монитор, серијским и паралелним портовима итд. Такође, *BIOS* обезбеђује низ сетовања која се односе на хард-хискове, меморију, унутрашњи сат рачунара итд.

BIOS је специфичан за различите производијаче рачунара (првенствено матичних плоча) и може се успешно мењати са новијим верзијама (тзв. *BIOS update*). *BIOS*-у се обично приступа притиском на тастер *Delete*.

4.1.1 Организација фајлова под *Windows OS*

У *Windows* оперативном систему, фајлови су организовани по следећем принципу: партиција (енгл. *partition*), фолдери (енгл. *folders*), фајлови (engl. *files*). Пример: *C:\WINDOWS\file.txt*.

Факултет за физичку хемију

Системи фајлова (енгл. *file systems*) су метода чувања и организовања компјутерских фајлова (тј. података који они садрже) и чине мањом или већом њихову расположивост кориснику рачунара. У оквиру различитих система организације фајлова, постоји тачно дефинисана хијерархија важности, доступности и манипулације различитим подацима, и у зависности од потребе корисник се опредељује за жељени систем. Овде ће бити разматрани системи фајлова који се могу појавити у оквиру *Windows* и *Linux* окружења, мада треба имати у виду да је број начина организације далеко већи (*Mac OS*, *UNIX-like OS* и др.). Фирма *Microsoft* је по узору на свој први оперативни систем *MS-DOS* развио коришћење *FAT* (енгл. *File Allocation Table - FAT*) и *NTFS* (енгл. *New Technology File System - NTFS*) технологију записивања фајлова. Претходне верзије *FAT* система (*FAT12* и *FAT16*) имале су ограничења која су се тицала дужине броја карактера у имену, бројем уноса у основни дирекоријум (тзв. *root*) и нарочито у величини дискова тј. партиција на којима су подаци били чувани (*FAT12* и *FAT16* су ограничавали број карактера у називу фајла на 8, и број карактера за екstenзију на 3 тзв. 8-3 ограничење). *FAT32* фајл систем укинуо је овакав тип ограничења али је и даље остао лимитиран у односу на *NTFS* фајл систем. *NTFS* је уведен појавом оперативног система *Windows NT* и постао је основа каснијих *Windows* оперативних система као што су *Windows 2000, XP, Server 2003, Vista, 7, 8* и *10*. Овај фајл-систем уводи појаву ентитета који се означава као *metadata* у коме се налази све што има везе са особинама фајла (име, датум креације, дозвола о приступности, чак и коментари). Овакав начин индексирања дозвољава бржи приступ подацима и чини систем стабилнијим у току рада. *NTFS* додатно обезбеђује сигурност фајловима применом енкрипције (могућност скривања фајлова), могућност компресије фајлова, фолдера или целих драјвова уколико је проблем простор на хард-диску, као и повратак случајно обрисаних података. Треба имати у виду да *FAT32* партиције немају могућност да "виде" *NTFS* партиције што обратно није случај. У принципу, препорука је користити *NTFS* уколико не постоји значајан разлог за коришћењем *FAT* опције (као што је употреба специфичног апликативног софтвера старије генерације који не функционише под *NTFS* системом).

4.1.2 Организација фајлова под *Linux OS*

Linux је *Unix*-тип оперативног система који је оригинално направљен од стране Линуса Торвалдса уз асистенцију великог броја програмера широм света. За разлику од *Windows*-а, *Linux* не користи слова да означи партиције на хард-диску (нпр. C:\). Овде је примарна партиција означена са "/" док постоји још мноштво партиција као што су "/boot" (садрже *kernel* и *boot loader*), "/home" (садржи корисничке фајлове), "/var" (садржи програмске конфигурације). Још једна од важних партиција зове се "swap" particија. Њена величина обично износи двоструко од величине меморије коју има рачунар и представља њену допуну у случају да је цела системска меморија у употреби. Оваква партиција постоји и под *Windows OS* и у нпр. *Windows 10 OS* назива се *Virtual Memory*, чији се капацитет може мењати уколико приступимо опцији: *Control Panel - All Control Panel Items - System - Advanced system settings - Advanced - Performance - Settings - Advanced - Virtual memory - Change*). Instalacija aplikativnog softvera kao i ostale intervencije u okviru sistema pod *Linux OS* обавља се из "конзоле" (слично као *DOS shell*). Њене команде можете упознати са: <http://www.linuxcommand.org/index.php>.

4.2 Апликативни софтвер

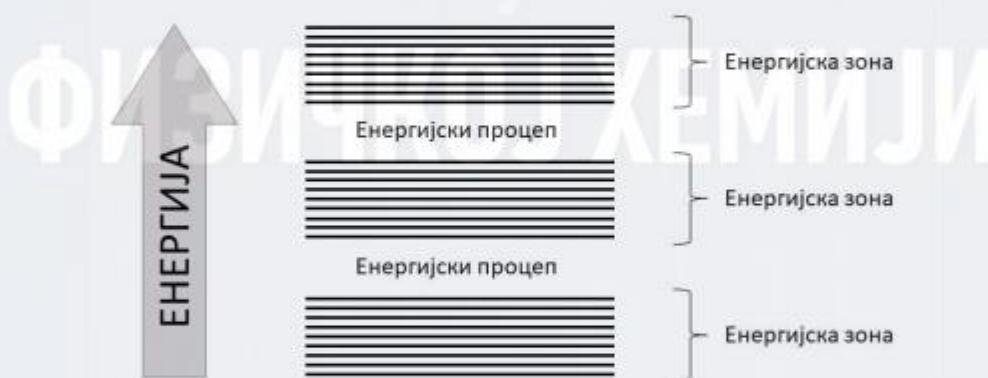
За разлику од системског софвера, апликативни софтвер је фокусиран на извршење конкретних задатака за које је намењен. Апликативне софтвер се назива и извршни софтвер. Постоје различити типови апликативних софвера као што су они који су намењени за: мултимедију (обраду видеа, слика и музике), пословни софтвер (обраду текста, табела и др.), аналитичке задатаке (математички и програмерски алати), комуникацију (интернет претраживачи, програми за електронску пошту и друге типове комуникације), базе података, као и многи други.

Милош Мојовић

5. Електронске компоненте рачунара

5.1 Полупроводници

Полупроводници су материјали који могу имати својства проводника и изолатора у зависности њиховог састава као и услова у којима се налазе. Њихова вредност специфичног отпора нази се у области између проводника и диелектрика и реда је величине од $10^3 \Omega\text{m}$ до $10^{-2} \Omega\text{m}$. Полупроводнички електронски елементи најчешће се праве од силицијума (Si) и германијума (Ge), који као елементи IV групе имају 4 валентна електрона. Током формирања кристалне структуре, енергијски нивои ових електрона, који су били исти у различитим појединачним атомима, сада се цепају у више веома блиских енергијских поднивоа које називамо **енергијске зоне** (слика 9).



Слика 9: Шематски приказ енергијских зона и енергијских процепа

Унутар сваке зоне, електрони имају тачно дефинисане дискретне вредности енергије и, на собној температури, они се лако могу кретати унутар њих као последица поседовања енергије термичког кретања. Зоне које се налазе на нижем енергијском стању и које садрже "везане" електроне називамо **валентним зонама**, а оне које се налазе у вишем енергијском стању, где се електрони могу слободно кретати, називамо **проводним зонама**. Између овога енергијских зона налазе се **енергијски процепи** у којима се електрони

не могу налазити. Управо су ширина поменутих зона и ширина процепа одговорни за покретљивост електрона уколико се овај материјал нађе у електричном пољу. Наиме, уколико је у питању изолатор, енергијски процеп је толики да је валентном електрону, који се налази у валентној зони, потребно додати велику енергију да би прешао из валентне у проводну зону. Због тога је за изолаторе карактеристично да имају веома мали број слободних електрона и самим тим веома малу електричну проводљивост (слика 10 а). Код проводника је сасвим обрнут случај. Наиме, код њих се валентна и проводна зона преклапају, те постоји велики број електрона у проводној зони који се лако могу усмерено кретати уколико се материјал изложи дејствују електричног поља. (слика 10 б). За разлику од изолатора и проводника, ширина енергијског процепа полупроводника је негде имеђу њих (слика 10 в).



Слика 10: Шематски приказ енергијских зона и процепа код: (а) Диелектрика; (б) Проводника; (в) Полупроводника.

Код чистих полупроводника, при температури апсолутне нуле, електрони у валентној зони немају довољно енергије да пређу у проводну зону. Али, уколико им на неки начин доведемо енергију (у виду топлоте, светlosti итд.), неки од њих ће имати довољно енергије да пређу у проводну зону, те ће тај полупроводник тада проводити струју. Када електрони напусте валентну зону и пређу у проводну зону, они у валентној зони остављају једно празно место које називамо **шупљина** коју можемо третирати и као елементарно позитивно наелектрисање. Након напуштања свог места у валентној

зони, мето тог електрона може попунити неки други електрон из валентне зоне, остављајући за собом опет ново место тј. нову шупљину. Овај процес назива се **рекомбинација**. На основу изложеног, очигледно је да су смерови кретања електрона и шупљина супротни, али да је њихов број увек једнак. Електрична проводљивост чистих полуправодника је јако мала. Да би они моги да се у пракси користе за пренос наелектрисања, морамо их допирати примесама (нечистоћама).

5.1.1 Полуправодници *n*-типа и полуправодници *p*-типа

Уколико полоправодницима додамо примесе, можемо им повећати електричну проводљивост. Оваква проводљивост назива се примесна проводљивост полуправодника. Пошто су чисти полуправодници састављени од четворовалентних елемената, силицијума (Si) или германијума (Ge), потребно им де као примесе додати елементе који су тровалентни или петовалентни.

Додавањем тровалентних елемената, најчешће бора (B), галијума (Ga) или индијума (In), њихова три електрона образују ковалентне везе са електронима чистог полуправодника, док је четврта веза непопуњена и тежи да се попуни неким електроном од суседних атома при чему остаје формирана шупљина. Због тога, овакав тип нечистоћа називамо **акцепторима**, а полуправоднике овог типа називамо **полуправодници *p*-типа**.

Са друге стране, додавањем петовалентних елемената, најчешће астата (At), антимона (Sb), арсена (As) и фосфора (P), омогућујемо да четири електрона из валентне љуске чистог полуправодника остваре ковалентне везе са четири електрона из петовалентне нечистоће, док ће пети електрон остати неспарен и слабо везен. Због тога, овакав тип нечистоћа називамо **донорима**, а полуправоднике овог типа називамо **полуправодници *n*-типа**. Покретљивост шупљина је три пута мања него покретљивост електрона.

Треба напоменути и то да у полуправодницима *p*-типа и *n*-типа, у којима су главни носиоци наелектрисања шупљине и електрони респективно, такође постоје и споредни носиоци наелектрисања. Ти

споредни носиоци наелектрисања су у случају полуправодника *p*-типа електрони, а у случају полуправодника *n*-типа шупљине. Након што се успостави електрични потенцијал на крајевима полуправодника, долази до усмереног кретања шупљина у смеру поља и усмереног кретања електрона супротно од смера поља. Укупна стуја добија се сабирањем струје као последице кретања електрона и струје која се добија кретањем шупљина.

5.2 Полуправодничке компоненте

На бази полуправодника, у електронској индустрији је креирано више различитих типова електронских компонената које можемо поделити на **активне** и **пасивне**. Активне електронске компоненте имају особину да појачавају сигнале на рачун енергије спољашњег извора напајања, док пасивне компоненте имају важну улогу у обради временски променљивих сигнала.

Полуправодничке компоненте се производе као **дискретне** и **интегрисане**. Дискретне компоненте су диоде и транзистори, док су интегрисане компоненте формирани у оквиру јединственог кристала полуправодника у коме су посебном технологијом направљени различити полуправоднички елементи различитог типа, заједно са отпорницима, кондензаторима и струјним колима. Појава технологије интегрисаних компоненти омогућила је да се креирају чипови који данас представљају срце сваког "паметног" електронског уређаја.

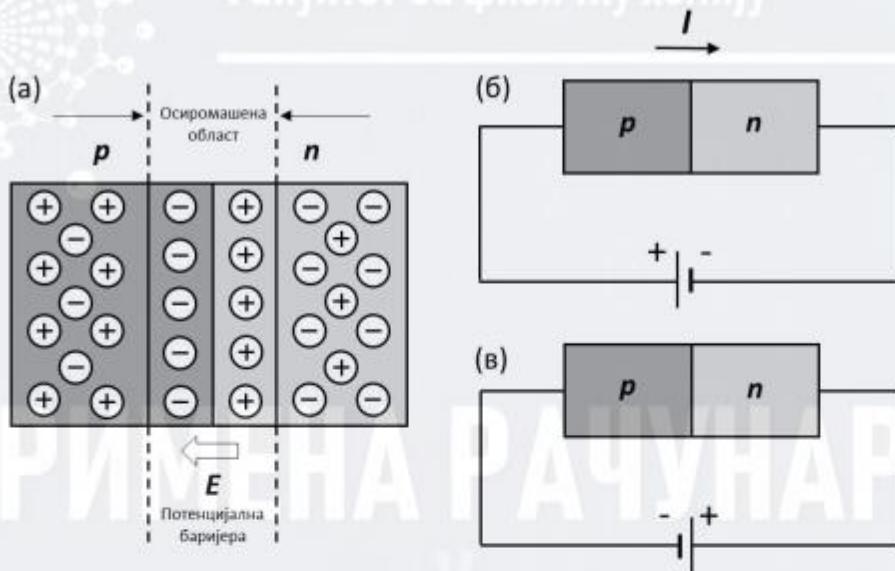
5.2.1 Диода

Диоде представљају најједноставнији полуправоднички уређај и дозвољава струји да се кроз њу креће само у једном смеру. Диода се добија када се споји један полуправодник *p*-типа и *n*-типа. Наиме, када посебном технологијом спојимо ове две врсте полуправодника, долази до тога да електрони, којих има више у полуправоднику *n*-типа, због дифузије прелазе у полуправодник *p*-типа, док са друге стране шупљине, којих има више у полуправоднику *p*-типа, прелазе у полуправодник *n*-типа. Приликом овог кретања електрона и шупљине, на самом *p-n* споју, долази до **рекомбинације** тј. шупљине

се попуњавају електронима. При томе се око саме границе споја образује један танак слој који су напустили електрони и шупљине (тзв. **осиромашена област**), и који је због тога делимично са једне стране негативно а са друге стране позитивно наелектрисан. У тој области долази до формирања електричног поља које по договору има смер од позитивног ка негативном наелектрисању (слика 11 а). Ово поље се због природе свог настанка сада супротставља даљем кретању електрона и шупљина, те у моменту када интензитет поља довољно порасте, долази до престанка дифузионог кретања и електрона и шупљина. Разлика потенцијала који је овом тренутку успостављен назива се **потенцијална баријера**. У одсуству неког спољашњег поља, ова потенцијална баријера спречава ток наелектрисања кроз *p-n* спој. За силицијумске диоде, ова потенцијална баријера износи око 0.2V, док је за германијумске диоде нешто већа и износи око 0.6V.

Уколико диоду прикључимо на спољашњи извор, чије поље је веће и супротно усмерено у односу на поље потенцијалне баријере, доћи ће до успостављања кретања наелектрисања кроз диоду. Ово се зове **директна поларизација диоде** (слика 11 б), а добијена струја **директна струја**. Насупрот томе, уколико је спољашње поље истог смера као поље потенцијалне баријере, то називамо **инверзна поларизација диоде** (слика 11 в). У случају инверзно поларисане диоде, ипак постоји извесно кретање споредних носиоца наелектрисања које чини тзв. **инверзну струју засићења**. Ова струја је независна од вредности напона, све до тзв. вредности пробојног напона када почиње нагло да расте.

Милош Мојовић



Слика 11: Шематски приказ (а) потенцијалне баријере; (б) директно; (в) инверзно поларизоване диоде.

Постоји више различитих врста диода које се користе за најразличитије намене: светлеће тј. *LED* (енгл. *Light Emitting Diode - LED*) диоде, исправљачке диоде, прекидачке диоде, Зенер диоде, Шоткијеве диоде, *TVS* диоде, верикап диоде, фотодиоде и др.

Светлеће диоде - *LED* су специјално дизајниране диоде које при директној поларизацији емитују електромагнетно зрачење из видљиве или њој близских области (од инфрацрвене преко видљиве до ултраљубичасте). Емисију светlostи коју добајамо на овај начин називамо **електролуминисценција**. Код ових диода, због њиховог специфичног хемијског састава, долази до тога да приликом рекомбинације електрона (који имају довољно енергије да пређу из валентне у проводну зону) са шупљинама у валентној зони, долази до олобађања енергије у виду електромагнетног зрачења тј. фотона. У зависности од једињења од којих су направљене ове диоде, зависи и таласна дужина емитованог електромагнетног зрачења. *LED* диоде се могу израђивати од различитих једињења као што су: GaAs, GaAsP, AlGaP, SiC и др. Напон директне поларизације при коме *LED* диоде

емитују електромагнетно зрачење је различит за различите таласне дужине светlostи и износи од 1.2V - за инфрацрвену, па све до 3.6V за ултраљубичасту светlost. Јачина емитоване светlostи зависи од јачине струје која пролази кроз диоду и креће се од 20-100mA. *LED* диоде се данас користе у различитим електронским уређајима као што су: сијалице, дигитални сатови, даљински управљачи, монитори, телевизори итд. *LED* диоде тешко прегоревају и имају вома велико искоришћење пошто се већина уложене енергије користи за светљење а не за загревање.

Исправљачке диоде користе се за претварања наизменичне струје у једносмерну. С обзиром да по својој природи диода може проводити струју само током директне поларизације, ова особина се може искористити исправљање наизменичне струје. Имамо два типа исправљачких система: **полуталасно** код кога постоји једна диода која током позитивне полуperiоде диода проводи струју, док је током негативне она закочена са прекидом у једносмерном напајању, и **пуноталасно** код кога постоји комбинација 4 диоде у тзв. Грецовом споју, уз додатне електронске компоненте као што су кондензатори и отпорници, при чему не постоје прекиди у једносмерном напајању.

Прекидачке диоде су оне које у електронским колима прелазе из стања проводника у стање непроводника (и обратно), најчешће под дејством импулсне побуде. Овакве диоде представљају електронске прекидаче који раздвајају или спајају поједине делове струјног кола. За прекидачке диоде, од највећег значаја је брзина прекидања струјног кола која није тренутна и зависи од тзв. **времена опоравка диоде** (времена које је потребно да би кроз инверзно поларизовану диоду престала да тече струја). Једна од примена прекидачких диода је заштита електронских прекидача од утицаја индуктивног оптерећења.

Зенер диоде су силицијумске диоде које су тако оптимизоване да при инверзној поларизацији раде у области пробоја (када толико повећамо напон инверзне поларизације да долази до раскидања ковалентних веза унутар кристалне решетке у близини инвезног поларизоване области при чему се генеришу електрон-шупљина парови и доласка до појеве пробојне струје кроз диоду - тзв.

Зенеровог пробоја). При директној поларизацији, карактеристика Зенер диоде је идентична стандардним диодама док је при инверзној поларизацији она знатно другачија. Постоје Зенер диоде које се стандардно користе за различите вредности инверзне поларизације (5.1V, 6.2V, 12V итд.).

Шоткијеве диоде су специфична врста диода које са састоје од споја додираних полупроводника и метала. Због постојања метала у њеном саставу, потенцијална баријера шоткијеве диоде је мања него код стандардних *p-n* диода те је код њих напон провођења при директној поларизацији у опсегу од 0.2-0.4V. Ове диоде се користе у дигиталним прекидачким колима и код прекидачких извора напајања.

TVS диоде (енгл. *Transient Volatage Suppression - TVS*) су оне диоде које се користе као заштита електронских кола од вишке струје добијене под утицајем индукованог напона или електростатичким пражњењем. Оне представљају класичне *p-n* диоде, али имају посебну геометрију и састав примеса. Једна од њених примена је у заштити *USB* магистрале.

Верикап диоде раде у режиму инверзне поларизације и због своје специфичне конструкције практично представљају кондензаторе променљиве капацитивности која се мења са променом напона инверзне поларизације. Највише се користе у уређајима где је потребно мењати фреквенцију пријема као што су радио-пријемици, мобилни телефони итд.

Фотодиоде су специфичан тип диода код којих се вредност инверзне струје засићења мења са променом интензитета упадне светlostи. Када фотодиода није осветљена, и на њу применимо извесни напон инверзне поларизације, кроз њу ће противати струја засићења која се назива **струја мрака**. Под дејством упадне светlostи, унутар *p-n* споја долази до генерације парова електрон-шупљина, па долази до појачања инверзне струје кроз диоду. Струја која протиче кроз фотодиоду под утицајем светlostи назива се **струја осветљења** или **фотоструја**. Под утицајем светlostи, фотодиода се понаша као извор једносмерног напона и та појава се зове **фотонапонски ефекат**. Кроз

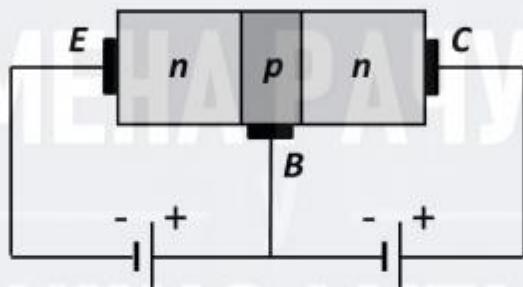
фотодиоду неће течи струја уколико на њу применимо директну поларизацију. Фотодиоде имају најразличитију примену у оптоелектроници и то за најразличитије оптичке комуникационе системе, медицинске уређаје, соларне панеле, детекторе дима, читаче оптичких дискова, и многе друге уређаје.

5.2.2 Транзистори

Транзистори се према начину рада деле у две главне групе: **биполарне транзисторе** код којих проводљивост зависи од мањинских носилаца (електрона у *n-p-n*, или шупљина у *p-n-p* типу) и **униполарне транзисторе** (енгл. *Field Effect Transistor- FET*), код којих проводљивост зависи само од већинских носилаца (електрона у *n*-каналном или шупљина у *p*-каналном типу).

Биполарни транзистори се сastoјe од два *p-n* споја, код којих је једна област заједничка за оба споја. Та заједничка област назива се **база** (енгл. *Base - B*). У зависности од тога која област је заједничка, можемо разликовати два типа транзистора: *n-p-n* и *p-n-p*. Области са једне и друге стране базе, иако су од истог типа полуправодника, нису идентичне. Наиме, једна страна је јаче допирана од друге и она се назива **емитер** (енгл. *Emitter - E*). Слабије допирану страну називамо **колектор** (енгл. *Collector - C*). Ради коректног функционисања транзистора, база мора бити веома уска. У пракси се, због бољих електричних карактеристика, много више користе *n-p-n* транзистори. У зависности од поларизације његовиг спојева, постоји више различитих режима рада транзистора. У активном режиму, спој база-емитер мора бити директно поларисан, док спој база-колектор мора бити инверзно поларисан (слика 12). У овом случају, електрони који су главни носиоци у емитеру, несметано пролазе потенцијалну баријеру споја емитер-база и прелазе у област базе. Пошто је емитер веома допиран, број слободних електрона у њему је много већи него број шупљина. Пошто је база богата шупљинама, ту би требао да се рекомбинује велики број електрона који су до ње дошли. Али, до тога не долази пошто је база (према конструкцији транзистора) доста ужа у односу на емитер (и колектор), те се у њој рекомбинује само незнатаан број електрона. Наиме, већина електрона (који се није рекомбиновао у бази) дифузијом одлази до споја база-колектор који

је инверзна поларисан. Таква инверзна поларизација споја база-колектор сада погодује кретању електрона, тј. убрзава их ка колектору. Како је смер струје, по договору, супротан од смера кретања електрона, на овај начин се струја из колектора, уз мање измене, преноси до емитера. С обзиром да се струја колектора може контролесати променом струје базе (тј. променом напона база-емитер), транзистор у активном режиму се може користити као појачавач.



Слика 12: Шематски приказ *n-p-n* транзистора у активном режиму.

У зависности од поларизације спојева емитер-база и колектор-база, *n-p-n* транзистор се може наћи у различитим режимима рада (Табела 2).

Табела 2: Могући режими рада *n-p-n* транзистора у зависности од поларизације.

Режим рада	Емитор-база	Колектор-база	Намена
Активни режим	Директна поларизација	Инверзна поларизација	Појачавачи
Засићење	Директна поларизација	Директна поларизација	Прекидачи
Закочење	Инверзна поларизација	Инверзна поларизација	Прекидачи

FET транзистори тј. **транзистори са ефектом поља** се састоје од по две области *p* или *n* - типа полупроводника између којих се налази јаче додира на обалу (канал) супротног типа. Сви *FET* транзистори имају тзв. "корс", "дрејн" и "гејт", који одговарају емитеру, колектору и бази код биполарних транзистора. Кроз "корс" носиоци наелектрисања улазе у канал, а кроз "дрејн" они напуштају канал. Проводљивост канала модулише контакт "гејт". У зависности од тога да ли је канал *n* или *p* типа, разликујемо *n*-каналне и *p*-каналне *FET* транзисторе. Постоји велики број различитих типова *FET* транзистора: *MOSFET*, *DGMOSFET*, *JFET*, *DEPFET*, *FREDFET*, *MODFET* и др.

5.2.3 Интегрисана кола

Уколико имамо електронску компоненту, на којој је на једном кристалу интегрисано више транзистора, диода и других електронских елемената који су међусобно повезани, њу називамо интегрисано коло или чип (енгл. *Chip*). Силицијумски чип је плочица силицијума која садржи хиљаде или милионе међусобно спојених транзистора. Брзина рада чипа зависи од броја транзистора на њему, брзине сваког од транзистора и кашњења при преносу електричних импулса кроз проводник између два транзистора. Типови чипова су: (1) Микропроцесорски - чип који садржи *CPU* и малу количину меморије за специјалне намене тј. кеш, (2) Меморијски - за памћење података и (3) Логички - за контролу рада магистрала и дискова.

Током производње интегрисаних кола, мора се водити рачуна да његови појединачни елементи морају бити међусобно изоловани. Постоји више техника производње интегрисаних кола, при чему је једна од најважнијих фаза: размештај елемената кола, њихово интерно повезивање и повећање густине паковања. Основно ограничење у густини паковања елемената кола је расута снага. Наиме, сваки елемент кола расипа одређену снагу, што резултира повећањем температуре чипа, а тиме се утиче и на вредност перформанси елемената чипа. Технологија производње чипова константно тежи да пронађе нове материјале и начине производње како би се: унапредила брзина чипова, смањила потрошња електричне енергије и смањили трошкови производње. Данас се чипови производе на један од следећих начина:

Факултет за физичку хемију

(1) **Силицијум на изолатору** - је начин производње где се слој изолатора прави на силицијумској основи изолујући горњи слој силицијума. На тај начин се активни транзистори праве од остатка силицијумске плоче (матрице). Слој оксида игра улогу баријере која спречава „цурење“ струје из транзистора, тако да се на овај начин добијају полупроводнички уређаји који су мали потрошачи струје. Ови чипови се користе за сервере, радне станице, лаптоп и десктоп компјутере, уређаје за бежичну комуникацију, интегрисане оптичке компоненте итд.

(2) **Имерзиона литографија** - је принцип производње где се ставља слој течности између сочива и основе. То се ради зато да би се постигло додатно преламање светлости док пролази кроз слој течности. На овај начин се повећева резолуција „штампања“ процесорске схеме. Према подацима које даје IBM, имерзиони литопроцес може постићи да се нпр. помоћу светлости од 193 nm постигне креирање силицијумских компоненти од 45 nm или чак мање.

(3) **Бакар** - је као материјал данас у широкој употреби за креирање интерконектора. Раније се користио алуминијум. Наиме, чипови се на неки начин морају снабдети струјом и то се ради путем бакарних проводника. С обзиром да је бакар добар проводник, он дозвољава снабдевање процесора уз малу потрошњу струје. Бакар се наноси електродепозицијом из раствора CuSO₄, а увек су у развоју нови материјали који би били јефтинији али и бољи проводници.

(4) **Диелектрици** - са ниском константом диелектричном константом. Диелектрици који имају малу диелектричну константу (k) у односу на силицијум-диоксид се користе да би формирали изолацију између интерконектора у интегрисаним колима. Што је мања вредност константе, то је изолација боља. Идеални изолатор је ваздух који има константу $k=1$. Међутим, још увек се не праве комплексна интегрисана кола само са ваздухом између жица. Ова техника се зове SON (енгл. *Silicon On Nothing* - SON), и исувише је компликована за ширу производњу. Данас се истраживања одвијају у правцу проналажења диелектричних материјала који су што порознији

(садржи максималну количину ваздуха) или такође да суовољно издрживи да би поднели процес производње чипова. Већина диелектричних материјала се постављају на чипове или *spin-on* процесом или процесом напаравања *CVD* (engl. *Chemical Vapor Deposition - CVD*).

(5) Напрегнут (усмерен) германијум. Германијум се као допант користи у процесу производње чипова већ дуже време. Наиме, ова техника која се зове „преднапрегнут силицијум“ (енгл. *Strained Silicon*). У овој техници мешавина силицијума и германијума се ставља на слој чистог силицијума при чему се силицијумови атоми „растежу“ тј. преуређују дуж кристалне решетке германијума. На овај начин се праве „путеви“ у кристалној решетки кроз које је омогућен проток већег броја електрона кроз интегрисано коло. Дуго је већ познато да је германијум бољи проводник од силицијума али још увек није пронађен метод како „уградити“ већу количину германијума у чипове помоћу постојећих конвенционалних техника. *IBM* улаже средстава на усавршавању ове технике и већ имају добрих резултата у креирању „усмереног германијума“ (енгл. *Strained Germanium*) и повећавању перформанси чипова. Германијум, који се иначе добија као нус-производ у процесу производње у преради руде цинка, је елемент који има исту кристалну структуру као дијамант. Он је по својој природи полупроводник.

(6) EUV техника (енгл. *Extreme Ultra Violet*) - је једноставна техника где се за литографију користи светлост мале таласне дужине (13 nm). Уколико се направе адекватне „маске“, могу се направити мале компоненте на чипу. Данас се ради на тзв. *X-ray* литографији где би се користиле још мање таласне дужине.

(7) Сепарација имплантирањем кисеоника - *SIMOX* (енгл. *Separation by Implantation of Oxygen - SIMOX*) је радикално нова техника производње чипова. Ова техника се заснива на прављењу савршено глатког слоја силицијум-оксида (дебљине 0.15 микрона). Овај танки слој силицијума практично нема несавршености или нечистоћа. *SIMOX* процес производње укључује директно убрзивање пречишћеног кисеоника у силицијумски матрикс на екстремно високим температурама на којима се се кисеоник везује за силицијум

правећи танак слој (филм) силцијум-оксида. Овај новоформирани слој је идеално везан за подлогу од чистог силицијума.

6. Рачунарска мрежа

6.1 Мрежа и мрежни параметри

Рачунар на интернет најчешће приступа преко мрежне карте (некада је то био модем). Уколико нису инсталисани драјвери за њих, они се морају наћи на интернету помоћу неког другог рачунара који је на њега већ прикључен. Уколико драјвери постоје, потребно је приступити сетовању интернет протокола (енгл. *Transmission Control Protocol/Internet Protocol - TCP/IP*). Сваки рачунар који је прикључен на Интернет поседује јединствену *IP*_адресу која може бити статичка или динамичка).

IP адреса је 32-битни цео број који се ради лакше обраде записује као низ од четири целобројне вредности у интервалу од 0 од 255 које су раздвојене тачкама. Према *IP adresi* коју је рачунар имао у датом временском тренутку приступања мрежи, може се лако детектовати са ког рачунара је вршена мрежна комуникација. Уколико је *IP* адреса рачунара нпр: 147.91.71.53 може се за одређени рачунар закључити следеће: 147 (адреса A класе која се додељује земљама) - значи да се рачунар налази у Србији; 91 (адреса B класе која се додељује фирмама) - значи да је рачунар прикључен на универзитетску мрежу; 71 (адреса C класе која се додељује мањим организацијама) - значи да се рачунар налази на Факултету за физичку хемију; 53 (адреса D класе која се додељује конкретном корискину) - значи да је то баш ваш рачунар. У последње време, због великог броја рачунара који су прикључени на интернет, јавио се недостатак довољног броја *IP* адреса због чега је почела дистрибуција шестоделних адреса (односно миграција на 48-битне целе бројеве).

MAC адреса (енгл. *Media Access Control - MAC address*) је јединствен број приписан мрежном интерфејсу и додељује га произвођач мрежне (енгл. *Network Interface Card - NIC*) карте. Зове се и "burned in address" јер је лоцирана у *ROM* меморији мрежне карте.

DNS (енгл. *Domain Name System - DNS*). С обзиром да је потребан ефикасан начин комуникације између различитих *IP* адреса, направљен је софтвер који се зове, који свака локална мрежа има да би имала дистрибуирану базу података за пресликање имена домена у *IP* адресе.

DHCP (енгл. *Dynamic Host Configuration Protocol - DHCP*) је мрежни протокол који омогућава серверу да аутоматски додели *IP* адресу неком рачунару (из дефинисаног опсега бројева) конфигурисаних датом мрежом. *DHCP* додељује *IP* адресу када се систем стартује. Генерално, овај процес тече овако: (1) Рачунар по стартовању покуша да се повеже на интернет; (2) Мрежа захтева *IP* адресу; (3) *DHCP* сервер привремено додељује *IP* адресу за нов мрежни уређај која се прослеђује на мрезу помоћу рутера; (4) *DHCP* покреће одговарајуће мрежне сервисе постојећом *IP* адресом и другим конфигурационим параметрима; (5) Мрежни сервис прихвати *IP* адресу. Када се рачунар искључи: (1) Привремено додељеној *IP* адреси истиче рок; (2) *DHCP* може доделити исту *IP* адресу новом клијенту. Да би се сетовао *DHCP* потребан је: *DHCP* клијент, рутер и *DHCP* сервер.

6.2 Научне базе података и научни часописи

Научне базе података су сервери на којима се могу наћи рецензијани научни радови, електронске књиге и научни подаци који су од великог значаја академској и научној заједници. На интернету постоји пуно различитих база података, које су често бесплатно доступне и које истраживачи могу користити у свом научном раду. Базе података постоје практично из свих научних области: биологије (база секвенција нуклеинских киселина, секвенција протеина, молекулских и супрамолекулских структура, из области неуронаука, геномике, метаболомике, протеомике, таксономије, математичког моделовања, цитометрије и имунологије, имиџинга итд.), медицине, физији, хемије, биохемије, екологије и заштите животне средине, астрономије, науке о материјалима, као и многе друге.

За научну заједницу посебно су значајне базе научних часописа. Садржај ових база може бити доступан само уз претплату (енгл. *Subscription-based*) или бесплатно доступан свима (енгл. *Open access*).

Претплату на ове сервисе често имају академске установе и библиотеке (као што је код нас Конзорцијум библиотека Србије за обједињену набавку - КоБСОН). Употреба научних база је веома важна у научно-истраживачкој заједници, јер се путем њих добијају информације о најновијим научним достигнућима из различитих области науке, али и увид у то шта је до сада већ урађено на одређеном научном пољу. Опсежне претраге научних база је обично први корак сваког научно-истраживачког рада и зато је веома корисно познавати одређене појмове који се овде често користе.

DOI број - представља јединствени алфанимерички низ који се додељује сваком дигиталном садржају (раду у научном часопису, књизи и сл.). Уколико познајемо DOI број неког документа, веома лако можемо пронаћи интернет страницу где се тај документ налази и преузети га у целости (уколико нам је доступан) или прочитати само његов извод (уколико немамо комплетан приступ датом документу).

SCI листа - је листа часописа који се налазе у научном цитатном индексу (енгл. *Scientific Citation Index - SCI*). SCI листа садржи ранг-листу часописа према њиховом импакт фактору.

Импакт фактор - представља утицајност неког часописа. Бројна вредност двогодишњег импакт фактора неког научног часописа за одређену годину добија се тако што се број цитата тог часописа за две претходне године подели бројем радова који је тај часопис објавио у те две године. На пример, рецимо је неки научни часопис у свим научним радовима објављенима током 2019. године био цитиран 1000 пута. Али, од тог броја цитирано је 200 радова који су у њему објављени током 2017. године и 300 радова који у њему објављени а током 2018. године. Ако је тај часопис током те две године објавио 150 научних радова (током 2017. године је објавио 50 радова, а током 2018. године је објавио 100 радова), тада се импакт фактор тог часописа за 2019. годину рачуна по формулама: $(200+300)/(50+100)=3.3$. Значи, импакт фактор тј. утицајност тог часописа за 2019. годину је 3.3. Овако израчунат импакт фактор утицајности елиминише разлике које су могле настати као последица објављивања већег броја научних радова од стране неких часописа или дужине изложења часописа. Петогодишњи импакт фактор се

рачуна на исти начин као и двогодишњи, али с тим што се узима опсег од последњих пет година (уместо две). Импакт фактори часописа из различитих области могу бити веома различити и често су резултат популарности неке научне области.

Цитат - је позивање аутора на референцу другог аутора, тј. позивање на рад у коме није коаутор.

Аутоцитат - је позивање на сопствену референцу, тј. позивање на сопствени рад.

Цитат часописа - је позивање на рад из тог часописа од стране аутора радова из других часописа.

Аутоцитат часописа - је позивање на референцу у раду из истог часописа.

Рангирање часописа - представља податак колико је одређени часопис цењен у одређеној научној области. На пример (код рангирања часописа које се користи у српској научној заједници), уколико је у питању међународни часопис који се у својој области наука, према двогодишњем импакт фактору, налази међу првих 10% часописа, он ће бити рангиран као међународни часопис изузетних вредности (M21a). Уколико је у питању међународни часопис који се у својој области наука, према двогодишњем импакт фактору, налази међу првих 30% часописа, он ће бити рангиран као врхунски међународни часопис (M21). Уколико је у питању међународни часопис који се у својој области наука, према двогодишњем импакт фактору, налази имеђу првих 30% и 60% часописа, он ће бити рангиран као истакнути међународни часопис (M22). Уколико је у питању међународни часопис који се у својој области наука, према двогодишњем импакт фактору, налази имеђу првих 60% часописа, он ће бити рангиран као међународни часопис (M23).

Предаторски часописи - су они часописи чији уредници користе опцију отвореног приступа (енгл. *Open Access*) објављивања да би остварили личну економску корист. Ти часописи често имају сумљиву рецензију (често уопште и немају рецензију), нетранспарентни начин

објављивања, нису индексирани у индексним базама и немају импакт фактор. Истраживачи се, често на превару, приволе да пошаљу свој рад за у такав часопис, након чега ненадано морају да плате високу цену објављивања рада. Предаторски часописи често имају називе веома сличне реномираним научним часописима из дате области, и то такође треба имати у виду.

H-индекс је показатељ научне успешности неког истраживача. Овај број узима у обзир како научну продуктивност истраживача (мерену бројем објављених научних радова), тако и утицај тих објављених радова (мерену бројем цитата тих радова у другим радовима). Овај назив потиче од Jorge Hirsh, физичара који је предложио овакав начин рангирања истраживача. Научник има индекс h ако h радова (од M које је објавио) има најмање h цитата, а осталих $M - h$ радова имају највише h цитата. Тако, на пример, научник који има h -индекс 15 има 15 радова који су цитирани најмање 15 пута.

ФИЗИЧКОЈ ХЕМИЈИ

Милош Мојовић