

Виртуелна меморија



Садржај

- Виртуелна меморија - Увод
- Технике пресликавања
- Јединица за убрзавање пресликавања – TLB
- Перформансе

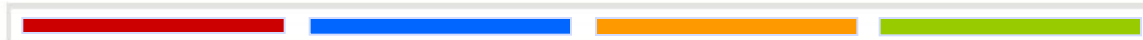
Увод

- Код великог броја савремених рачунара не постоји један према један кореспонденција између адреса које се генеришу у програму и адреса оперативне меморије.
- Адресе које се генеришу у програму зову се виртуелне адресе (*Virtual address*)
- Адресе оперативне меморије зову се физичке адресе (*Physical address*).
- Опсег адреса које се генеришу у програму се зове виртуелни адресни простор, а опсег адреса оперативне меморије физички адресни простор.

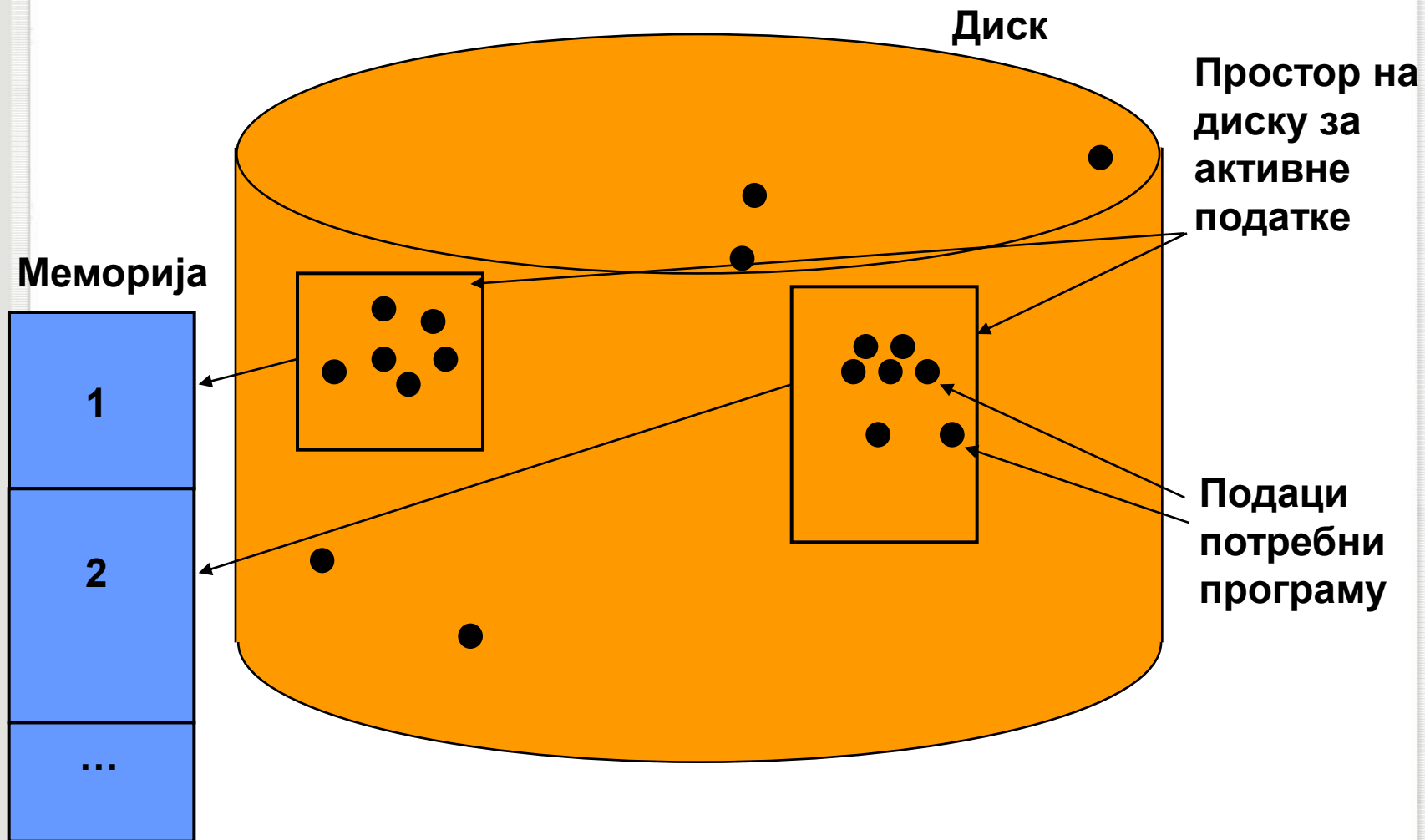
Виртуелна меморија

- Комплетни програми и подаци сваког процеса налазе се на диску, а само њихови делови за којима у одређеном тренутку постоји потреба довлаче се са диска и смештају у неки део оперативне меморије. Због тога постоји потреба да се за **сваки процес** води евиденција о томе који се његови делови налазе у оперативној меморији и у ком њеном делу.
- Ово се обично реализује помоћу посебних табела које се формирају у оперативној меморији за сваки процес и које се називају **табеле пресликавања**.

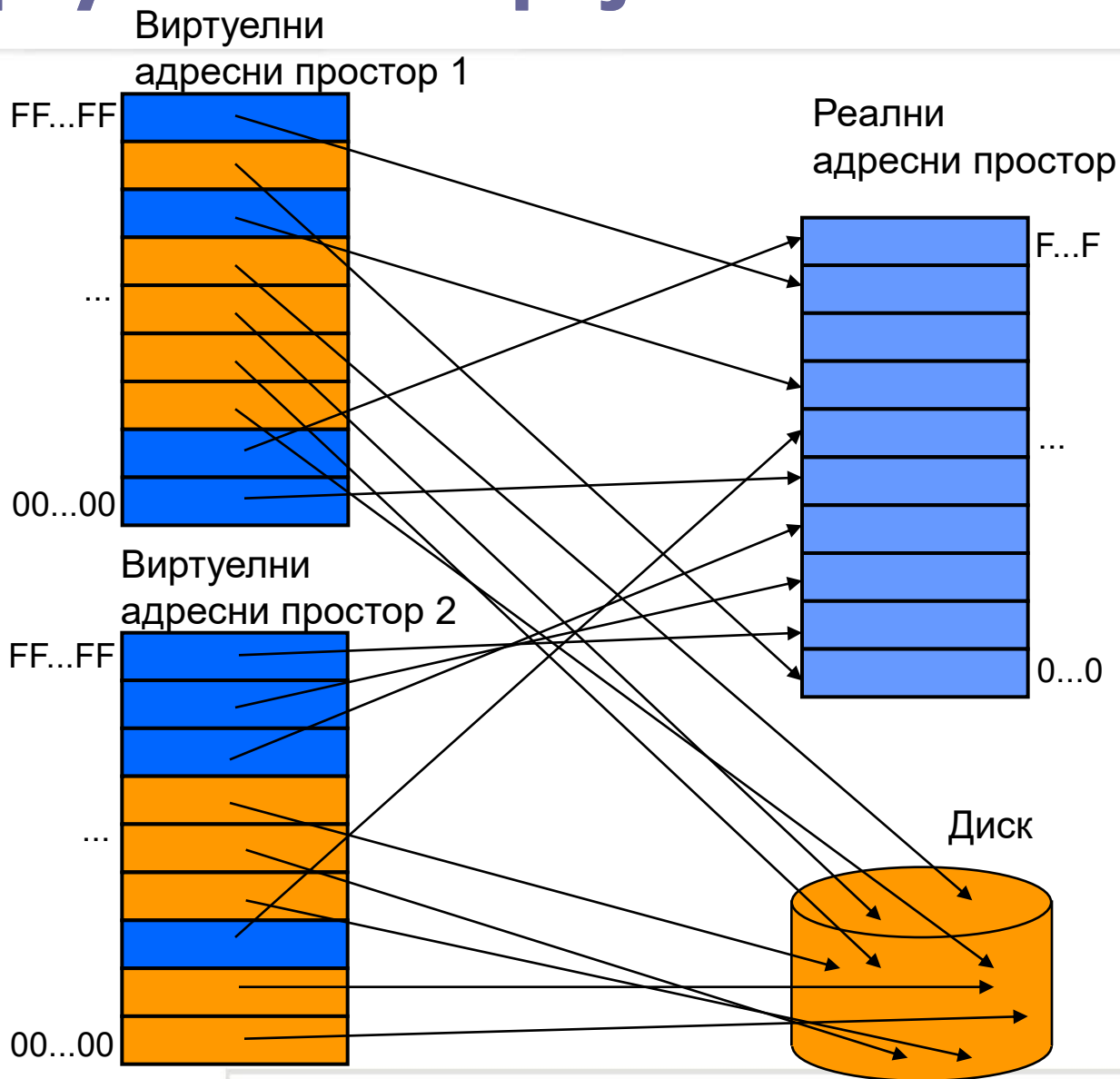
У овим разматрањима се узима да се комплетан виртуелни адресни простор додељује сваком процесу.



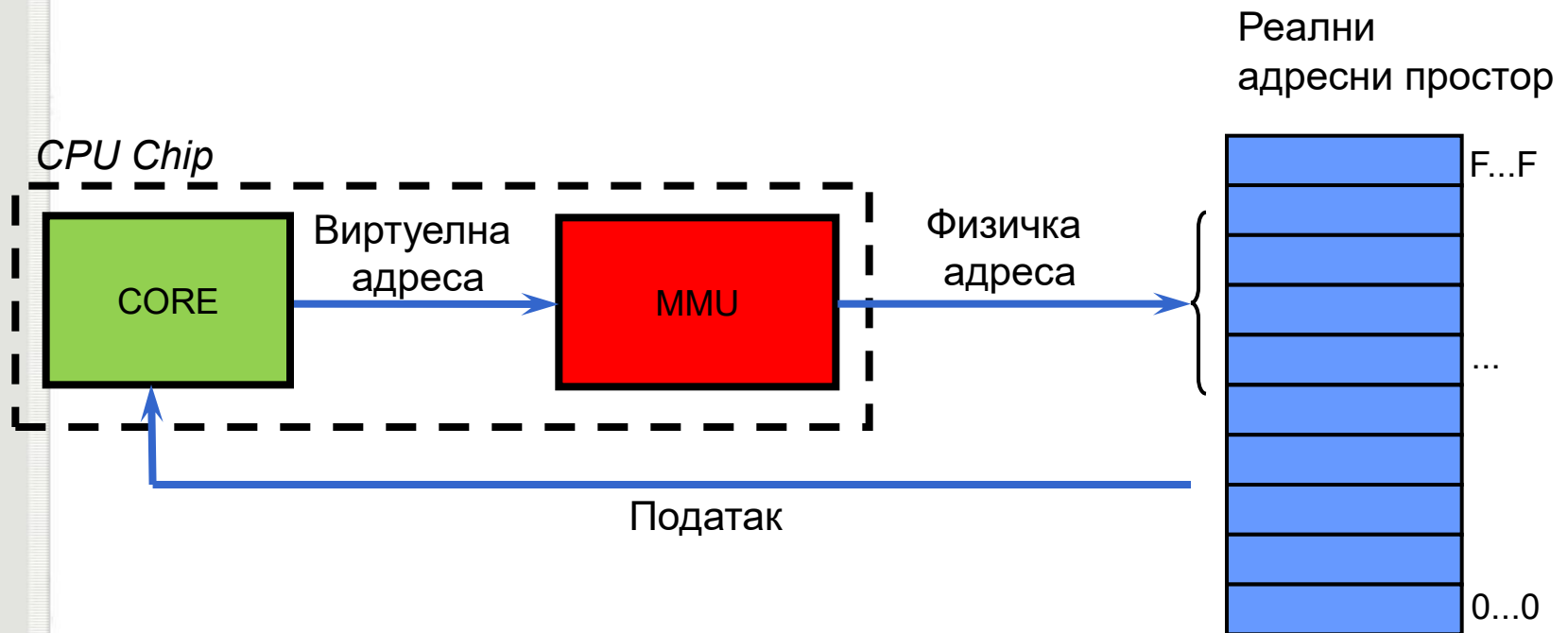
Виртуелна меморија



Виртуелна меморија



Виртуелна меморија



MMU – Memory Management Unit

Виртуелна меморија

- У зависности од тога како се виртуелни адресни простор ради довлачења са диска у оперативну меморију дели на делове, разликују се виртуелне меморије са:
 - страничном организацијом,
 - сегментном организацијом,
 - сегментно-страничном организацијом.



Виртуелна меморија

- Раздвајањем виртуелног и физичког адресног простора јавља се потреба за пресликавањем виртуелних адреса у физичке коришћењем табела пресликавања. С обзиром да се све табеле пресликавања налазе у оперативној меморији, пресликавање виртуелних адреса у физичке би драстично успорило време извршавања инструкција. То је разлог што код рачунара са виртуелном меморијом постоје посебне јединице, јединице за убрзавање пресликавања (TLB - Translation Lookaside Buffer), чији је задатак да убрзају поступак пресликавања виртуелних адреса у физичке.

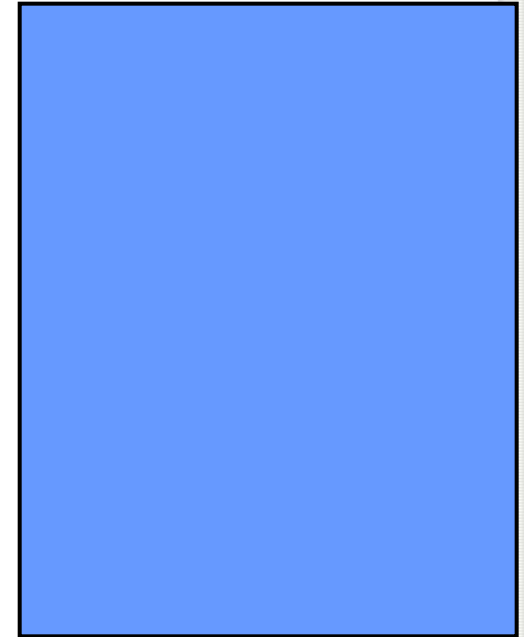
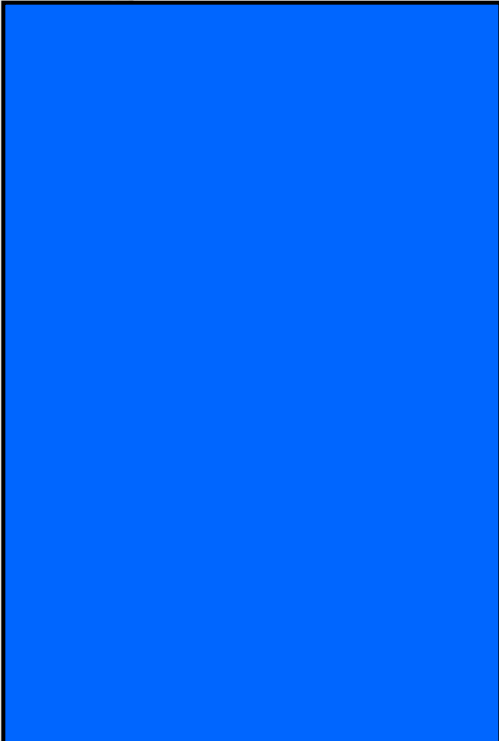
Странична организација

Виртуелна адреса

Физичка адреса

Виртуелни адресни простор

Реални адресни простор



Странична организација

Виртуелна адреса

Физичка адреса

p

w

b

w

Page

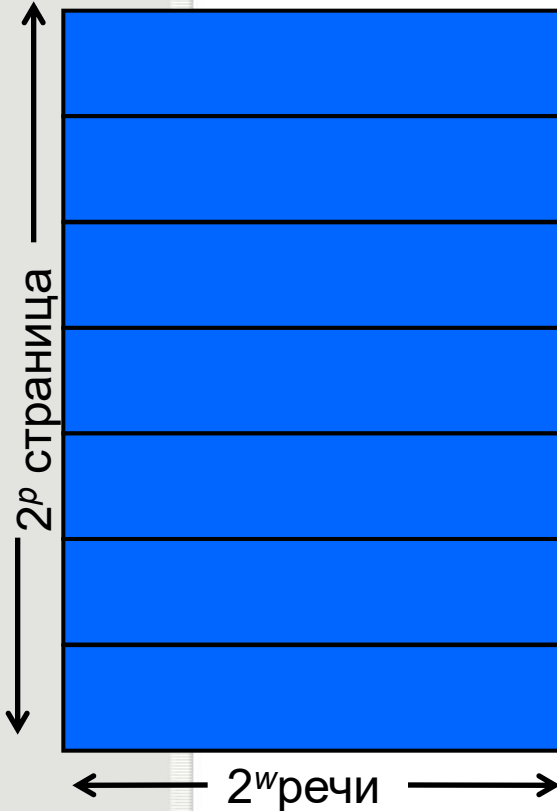
Word

Block

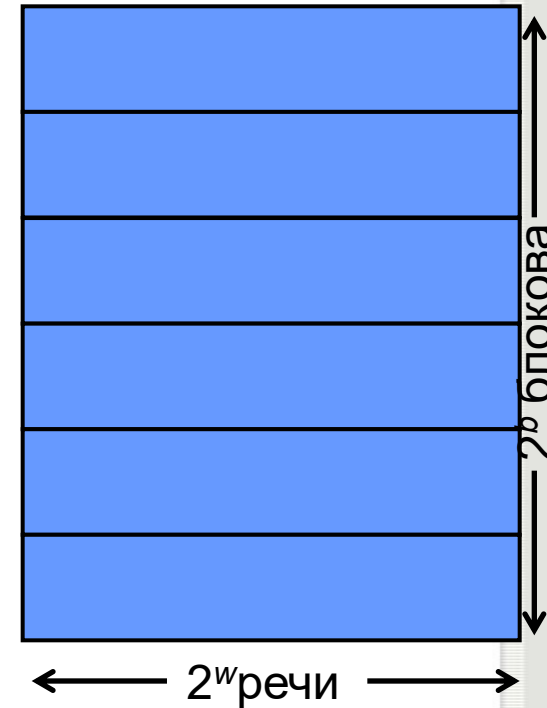
Word

Виртуелни адресни простор

Реални адресни простор



Подела на блокове
фиксне величине
на основу
најнижих w бита адресе
(и виртуелне и физичке)



Странична организација

Виртуелна адреса

Физичка адреса

p

w

b

w

Page

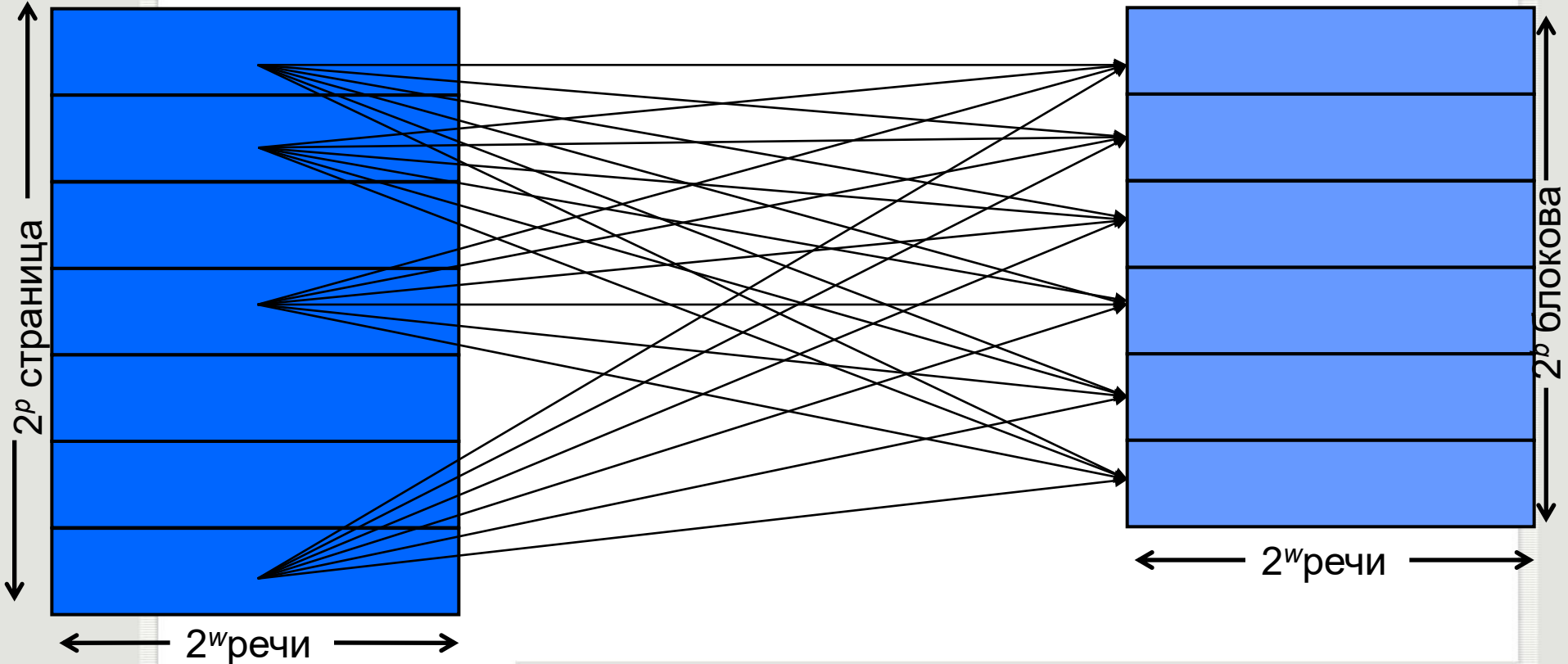
Word

Block

Word

Виртуелни адресни простор

Реални адресни простор



Странична организација

Виртуелна адреса

Физичка адреса

p	w
---	---

Page

Word

b	w
---	---

Block

Word

- Како се пресликава виртуелна у физичку адресу?
- $PA.Word = VA.Word$
- $PA.Block = F(VA.Page)$
- Функција F у случају да је блок довучен са диска у оперативну меморију пресликава виртуелну адресу у физичку адресу.
- Најједноставније пресликавање је коришћењем табеле пресликавања.

Странична организација

Виртуелна адреса

Физичка адреса

p

w

Page

Word

b

w

Block

Word

- Како се пресликава виртуелна у физичку адресу?
- $PA.Word = VA.Word$
- При $PT[VA.Page].V == 1$
 $PA.Block = PT[VA.Page].Block$
- При $PT[VA.Page].V == 0$
Страница није у оперативној меморији - *Page Fault*

Странична организација

Виртуелна адреса

Физичка адреса

p

w

b

w

Page

Word

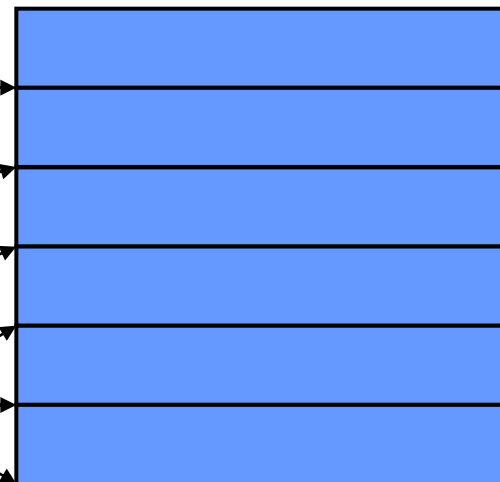
Block

Word

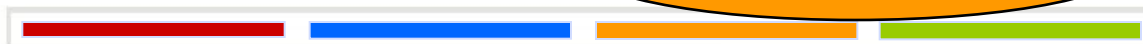
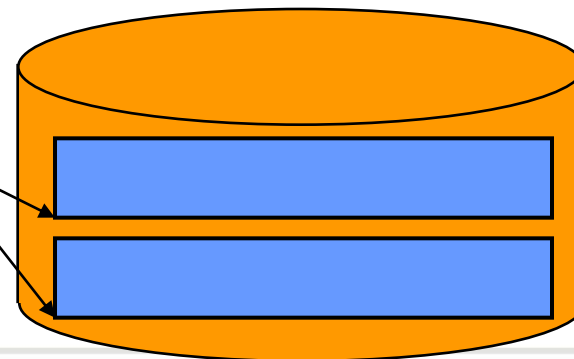
1	
1	
0	
1	
1	
1	
0	
1	

Табела страница

Почетак странице



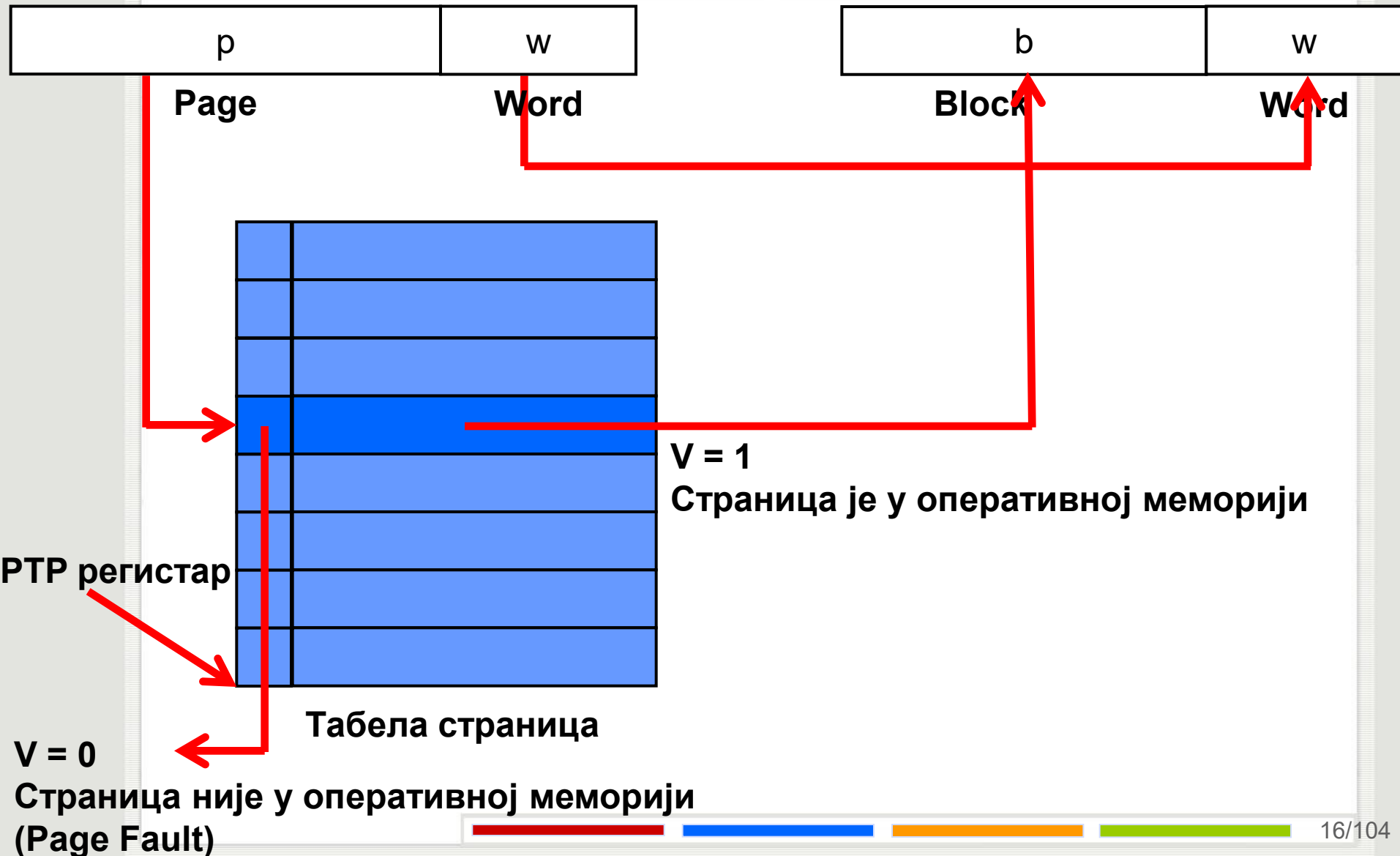
Диск



Странична организација

Виртуелна адреса

Физичка адреса



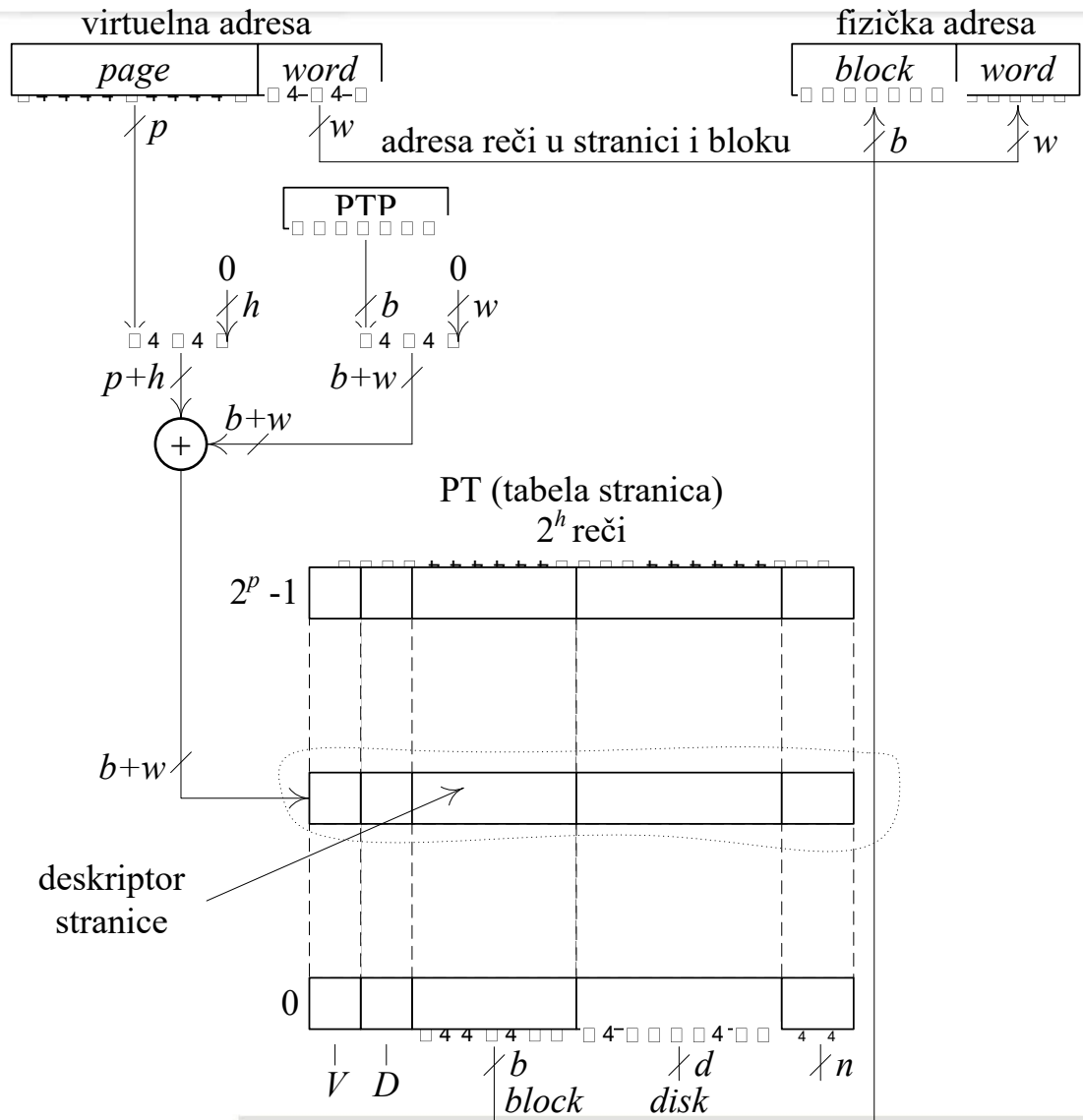
Странична организација

- Табела страница (PT – Page Table) има посебан улаз за сваку страницу процеса.
- У њима се налазе информације неопходне за пресликавање страница виртуелног адресног простора процеса у блокове физичке меморије.
- Те информације се називају **дескриптори страница**.
- Почетна адреса табеле страница садржана је у посебном регистру процесора који се назива указивач на PT (PTP – Page Table Pointer).

Странична организација

- У физичкој меморији постоји посебна табела страница сваког процеса.
- Почетне адресе табела страница свих процеса чува оперативни систем.
- Приликом пребацивања процесора са процеса на процес оперативни систем, најпре, чува контекст процеса коме се одузима процесор, а потом, рестаурира контекст процеса коме се додељује процесор. Том приликом се у указивач на РТ уписује почетна адреса табеле страница процеса коме се додељује процесор. Тиме се обезбеђује да јединица за пресликавање приступа табели страница процеса коме је додељен процесор.

Странична организација



Странична организација



Табеле страница подлежу под управљање меморијом те могу бити избачене из оперативне меморије због тога су поравнате на почетак блока

Странична организација



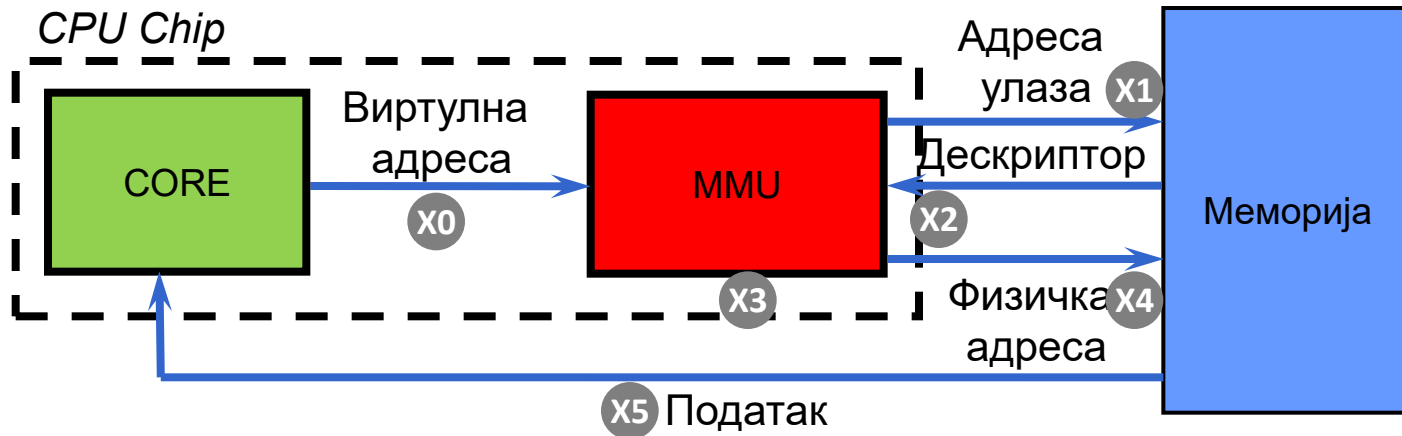
Поља дескриптора странице су:

- V (1 бит)—страница у меморији,
- D (1 бит)—страница модификована,
- $block$ (b бита)—број блока и
- $disk$ (d бита)—адреса на диску.

Странична организација

- Пресликавање виртуелне у физичку адресу за случај да је страница у меморији реализује се комплетно хардверски и то помоћу јединице за пресликавање (MMU – *Memory Management Unit*).

Странична организација



X0. Слање виртуелне адресе

X1. Формирање физичке адресе дескриптора странице

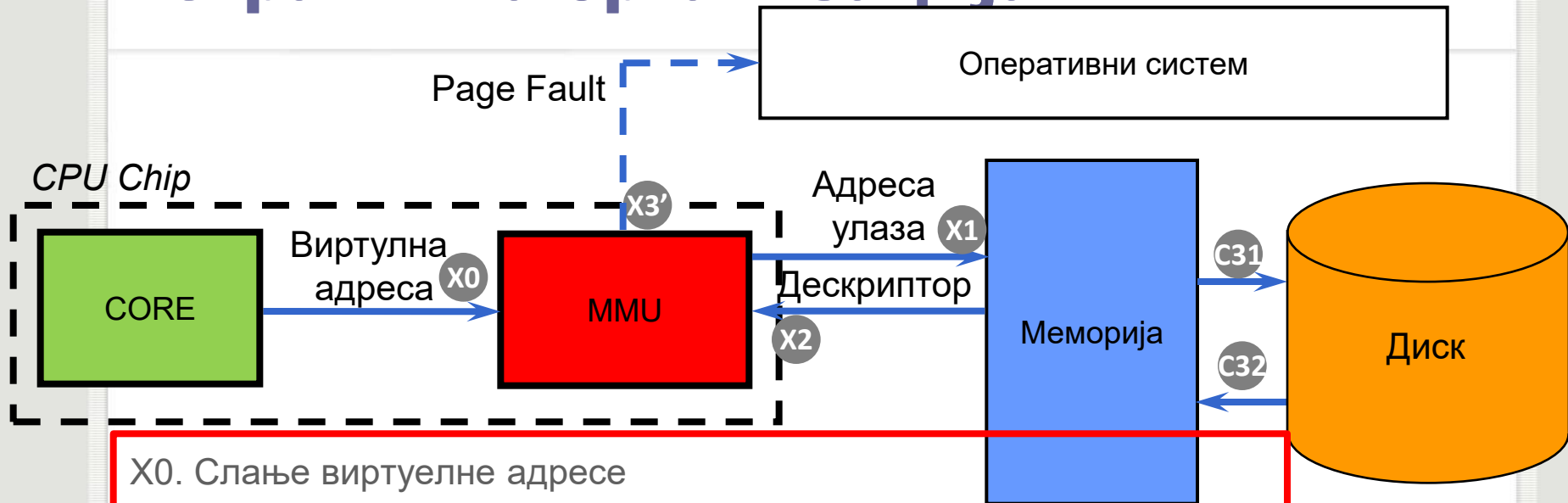
X2. Дохватање дескриптора странице

X3. Провера бита V дескриптора странице (Ако је $V = 1$)

X4. Формирање физичке адресе

X5. Дохватање податка

Странична организација



X0. Слање виртуелне адресе

X1. Формирање физичке адреса дескриптора странице

X2. Дохватање дескриптора странице

X3'. Провера бита V дескриптора странице (Ако је V = 0 Page Fault)

C3.1. Враћање странице и ажурирање дескриптора

C3.2. Довлачење странице и ажурирање дескриптора

X0. Слање виртуелне адресе почетка инструкције

Странична организација

X1. Поље *page* виртуелне адресе представља број улаза у табелу страница у коме се налази дескриптор дате странице. С обзиром на то да дескриптор странице заузима 2^h речи потребно је број улаза у табелу страница претворити у померај у односу на почетак табеле страница. То се реализује померањем улево за h места садржаја поља *page* виртуелне адресе.

Странична организација

X2. Садржај регистра указивач на РТ представља почетну адресу табеле страница. Померај у односу на почетак табеле страница формиран у претходном кораку се сабира са садржајем регистра указивач на РТ и тиме добија адреса дескриптора дате странице. Почев од формиране адресе треба очитати одговарајући број речи да би се дошло до поља *V* и *block* која користи јединица за пресликавање.

Странична организација

ХЗ. Поље V дескриптора указује на то да ли је дата страница у меморији. Стога се, најпре, са адресе формиране у претходном кораку чита прва реч у којој се налази поље V дескриптора и врши провера да ли је ово поље постављено. За случај када је страница у меморији утврдиће се да је поље V постављено, па се продужава са следећим корацима.

Странична организација

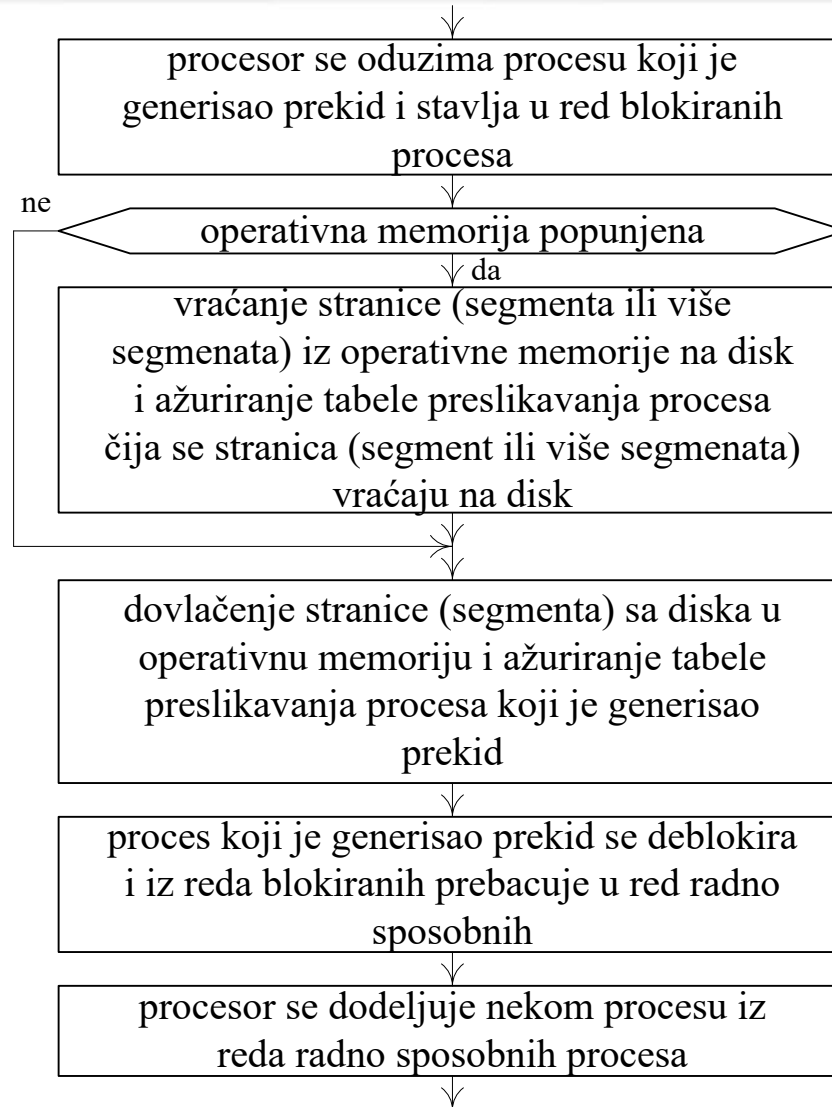
X4. Поље *block* дескриптора садржи број блока у коме се налази дата страница. Стога се сада чита потребан број речи дескриптора да би се до њега дошло. Конкатенацијом поља *block* из дескриптора странице и поља *word* из виртуелне адресе формира се физичка адреса.

Странична организација

X3'. У случају да страница није у меморији реализују се само прва три од четири корака за случај када је страница у меморији. У кораку три се у овом случају утврђује да поље V није постављено, па се генерише прекид (*Page Fault*).

Сви кораци до генерисања сигнала прекида, укључујући и његово генерисање, реализују се **хардверски** помоћу јединице за пресликавање. Све остало, што за овај случај потом треба урадити, ради се **софтверски** и то ради посебан део оперативног система.

Оперативни систем



Странична организација

- C1. Одузима се процесор датом процесу, његов контекст чува и процес ставља у ред блокираних процеса.
- C2. Додељује се процесор неком од радноспособних процеса. Тада се рестаурира његов контекст. У оквиру тога се у програмски бројач уписује нова вредност и тиме контрола предаје том новом процесу.

Странична организација

С3. Довлачење странице са диска у неки од блокова оперативне меморије се реализује у следећим корацима:

С3.1. Тражи се блок у који ће се сместити дата страница. При томе се извршава један од следећа два корака:

- Уколико има слободних блокова по неком алгоритму се одлучује који блок треба доделити датој страници.

Странична организација

- Уколико нема слободних блокова по неком алгоритму се одлучује коју страницу треба избацити из оперативне меморије да би се блок у коме се она налази ослободио и доделио датој страници. Уколико је страница одабрана за избацавање модификована мора се вратити на диск пре него што се блок у коме се она налази користи да се у њега довуче нова страница. Адреса на диску странице одабране за избацавање добија се из поља `disk` дескриптора дате странице. По завршеном враћању дате странице на диск, у поље `V` дескриптора странице која је враћена на диск уписује се нула.

Уколико постоји TLB јединица или кеш меморија постоје и додатни кораци!

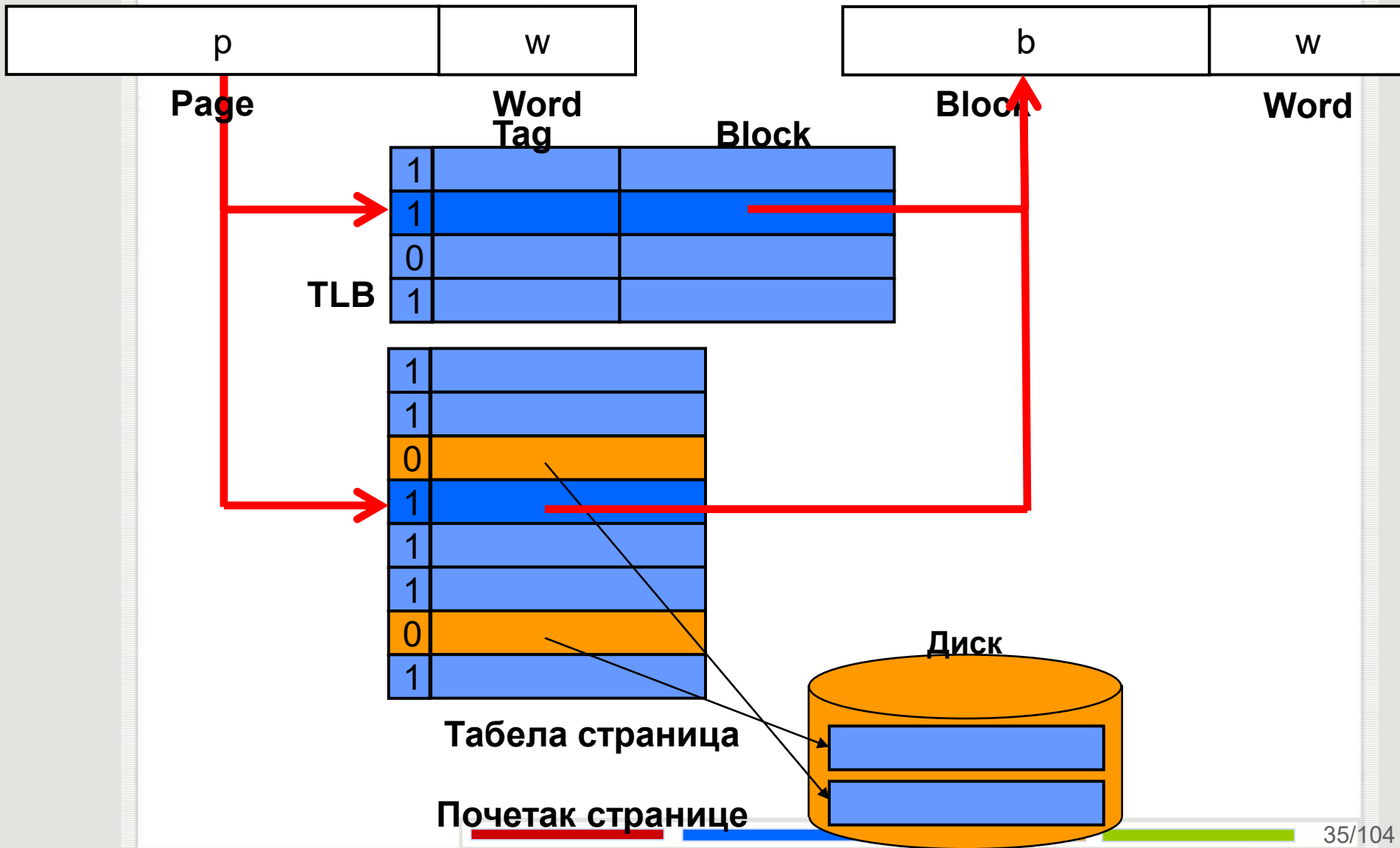
Странична организација

С3.2. Довлачи се дата страница са диска у одабрани блок оперативне меморије. Адреса дате странице на диску добија се из поља *disk* дескриптора странице. По завршеном довлачењу дате странице са диска у поље *block* дескриптора странице уписује се број блока, а у поље *V* јединица.

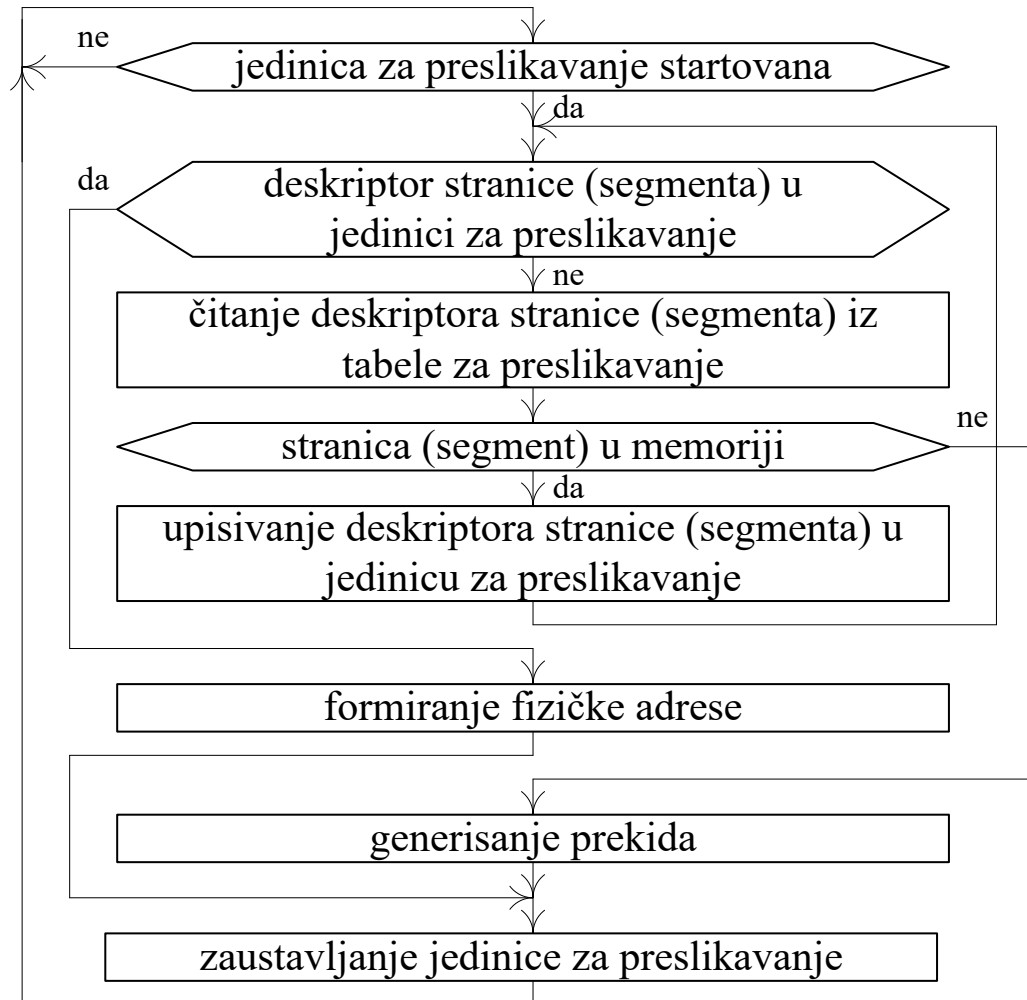
Странична организација + TLB

Виртуелна адреса

Физичка адреса

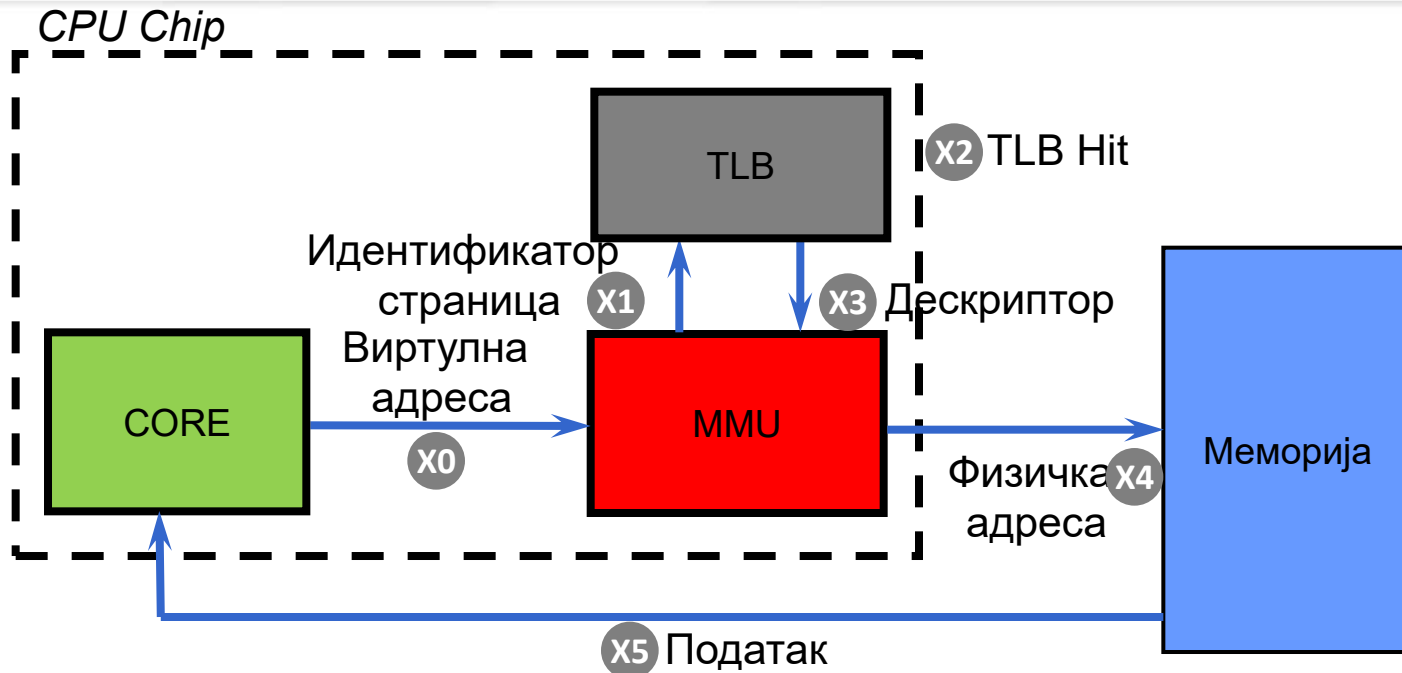


Јединица за убрзавање пресликавања-TLB



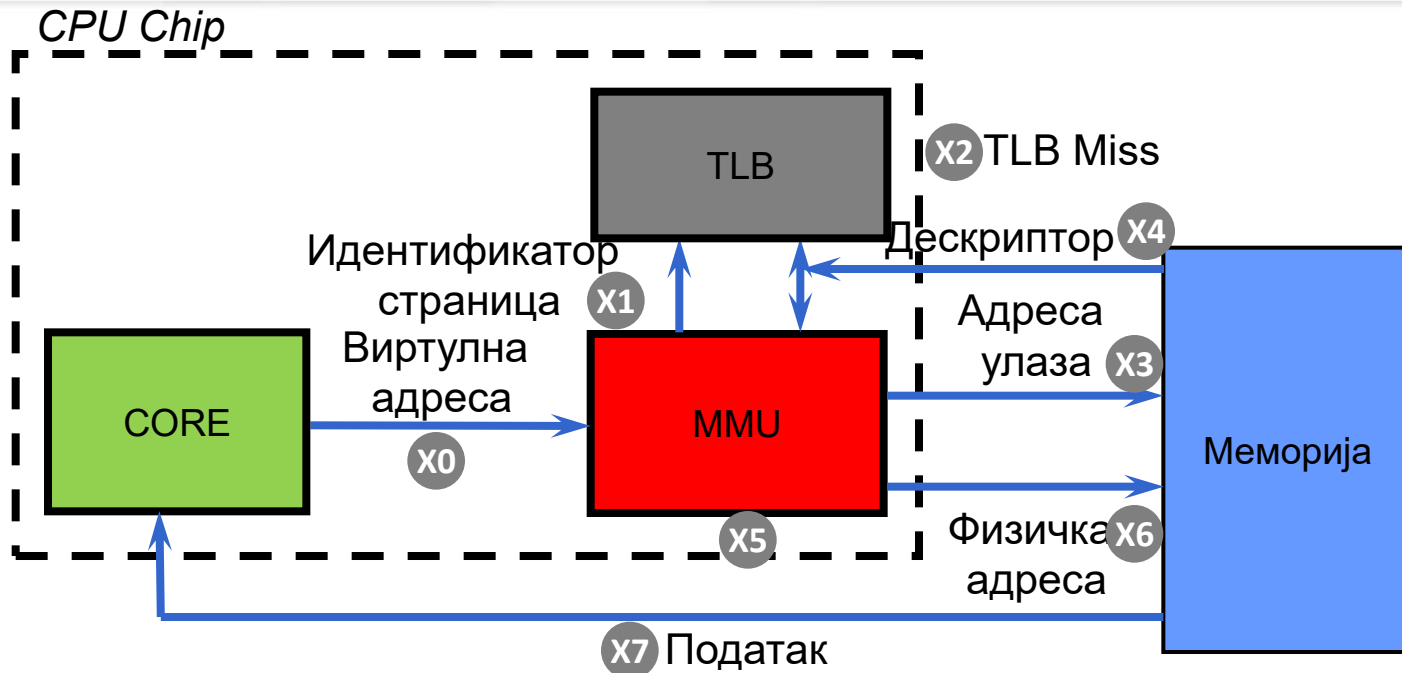
TLB – Translation Lookaside Buffer

Странична организација



- X0. Слање виртуелне адресе
- X1. Слање идентификатора странице
- X2. Провера сагласности
- X3. Дохватање дескриптора странице
- X4. Формирање физичке адресе
- X5. Дохватање податка

Странична организација



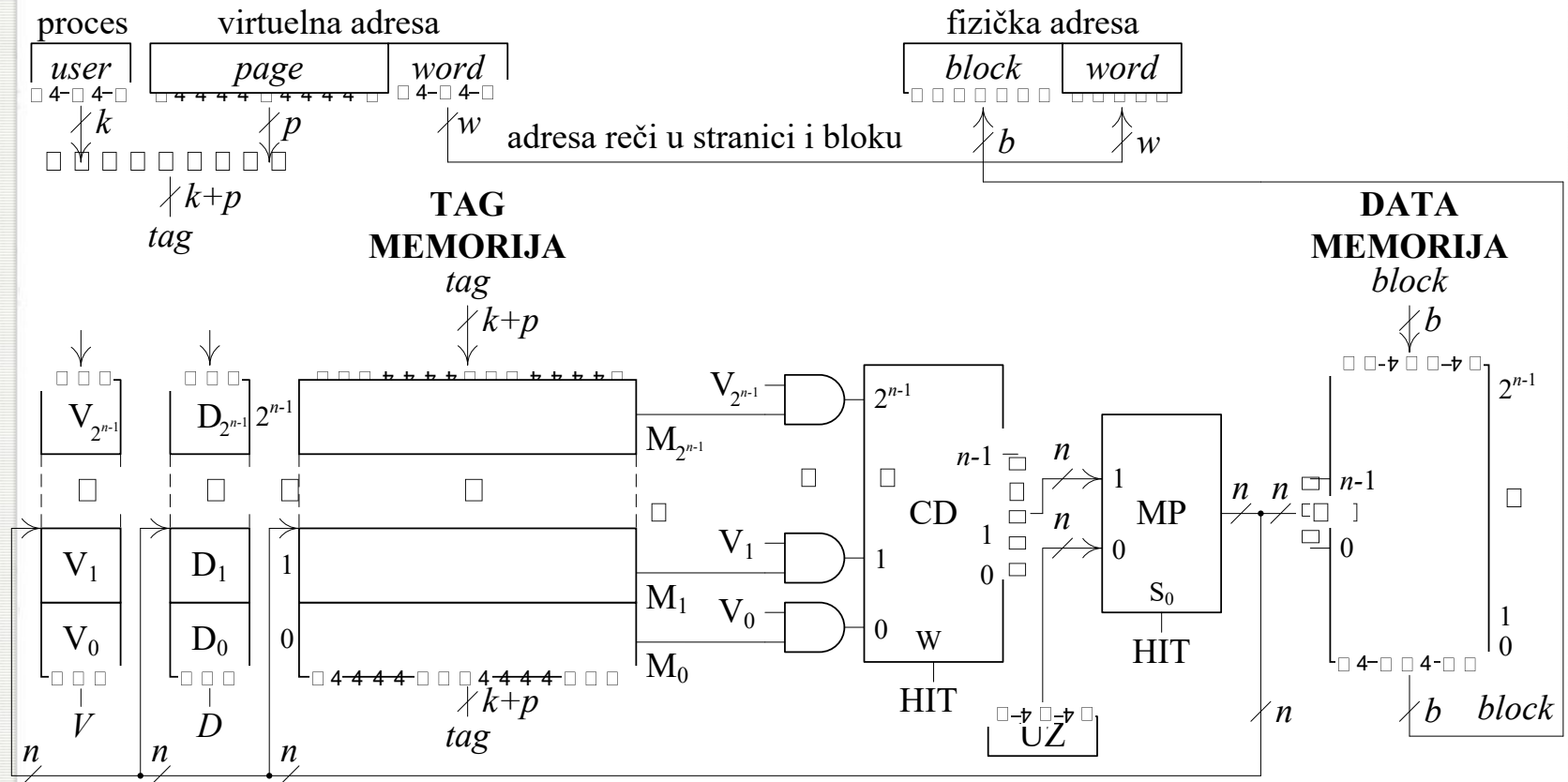
- X0. Слање виртуелне адресе
- X1. Слање идентификатора странице
- X2. Провера сагласности
- X3. Формирање физичке адреса дескриптора странице
- X4. Дохватање дескриптора странице
- X5. Провера бита V дескриптора странице (Ако је $V = 1$)
- X6. Формирање физичке адресе
- X7. Дохватање податка

TLB јединица



- V (1 бит)—улаз у TLB валидан (страница је у оперативној меморији),
- D (1 бит)—страница модификована (страница је модификована а не TLB улаз),
- tag ($k+p$)—ознака странице датог корисника,
- $block$ (b бита)—број блока

Јединица са асоцијативним пресликавањем



Јединица са асоцијативним пресликавањем за виртуелну меморију страничне организације

Питања?

Електротехнички Факултет
Универзитет у Београду

