

Управление памятью

(часть 1)

Виртуальное адресное пространство процесса

Типы адресов

- Символьные имена – идентификаторы переменных и команд в программе, присваиваемые программистом.
- Виртуальные адреса – условные адреса, присваиваемые транслятором (обычно начальный адрес программы – нулевой).
- Физические адреса – номера ячеек оперативной памяти, в которых располагаются переменные и команды.

Символьные имена

- Метки операторов – заменяют для программиста адреса, по которым команды находятся в памяти.
- Имена переменных – заменяют адреса, по которым данные находятся в памяти.
- Имя подпрограммы – заменяет адрес, по которому первая команда подпрограммы находится в памяти.

Физическая память

- Физическая память представляет собой упорядоченное множество ячеек реально существующей оперативной памяти, и все они пронумерованы, то есть к каждой из них можно обратиться, указав ее порядковый номер (адрес).
- Количество ячеек физической памяти ограничено и фиксировано.

Виртуальное адресное пространство

Виртуальное адресное пространство – совокупность виртуальных адресов процесса.

У процессов диапазон виртуальных адресов одинаков (в 32-разрядных системах он равен 00000000-FFFFFFFF), но виртуальные пространства различны, так как отображаются на разные физические адреса.

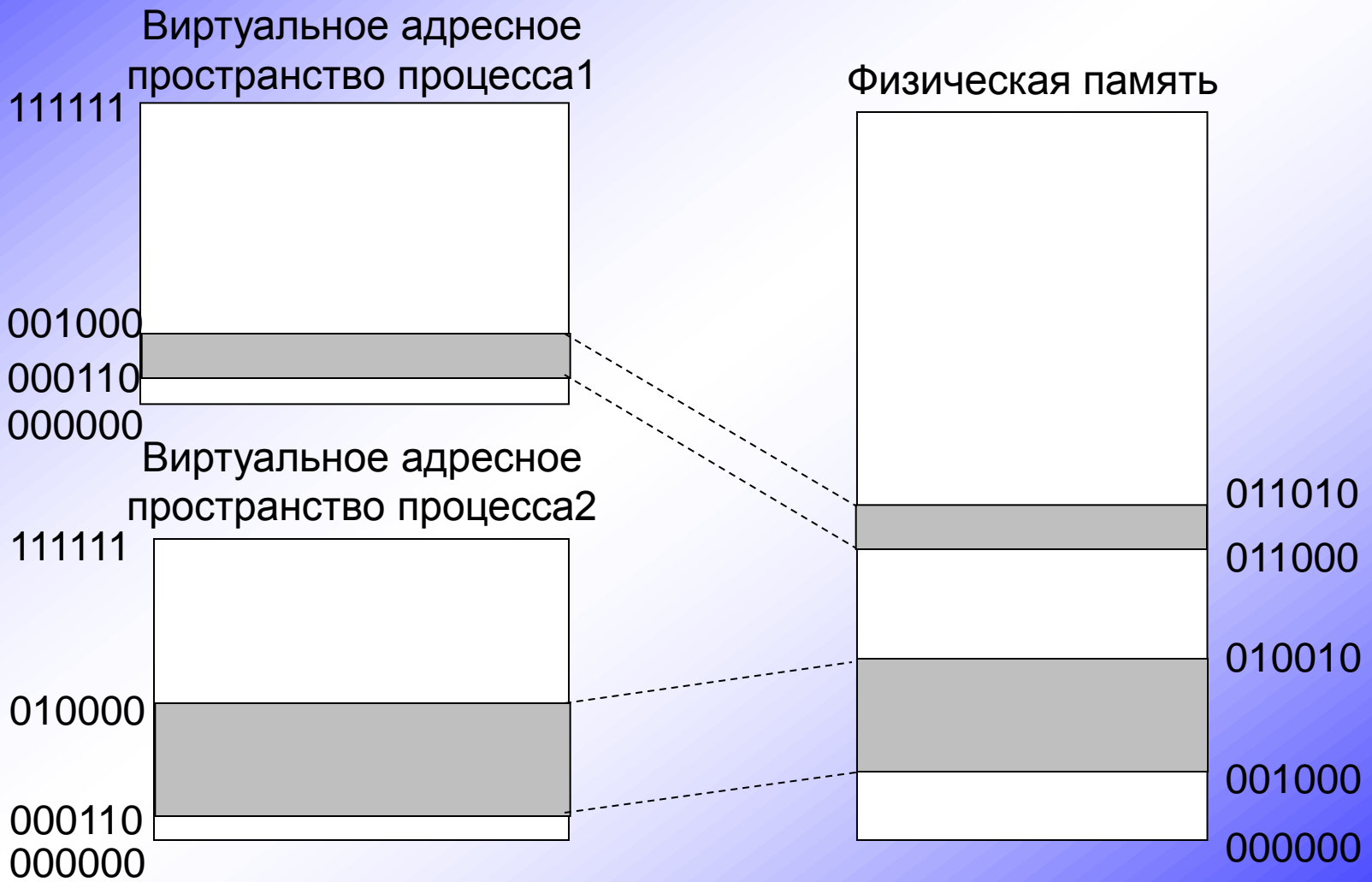
Максимально возможное виртуальное адресное пространство

- Максимально возможное виртуальное адресное пространство – потенциально возможный размер виртуального адресного пространства процесса, который определяется архитектурой компьютера.
- Чаще всего изначально неизвестно количество памяти, которое потребуется программе в ходе работы, поэтому на каждую программу выделяется максимально возможное адресное пространство.

Назначенное виртуальное адресное пространство

- Назначенное виртуальное адресное пространство – размер виртуального адресного пространства, необходимый процессу для работы (сегмент кода, сегменты данных) и реально использующийся в текущий момент.
- Размер назначенного адресного пространства может изменяться во время выполнения процесса.

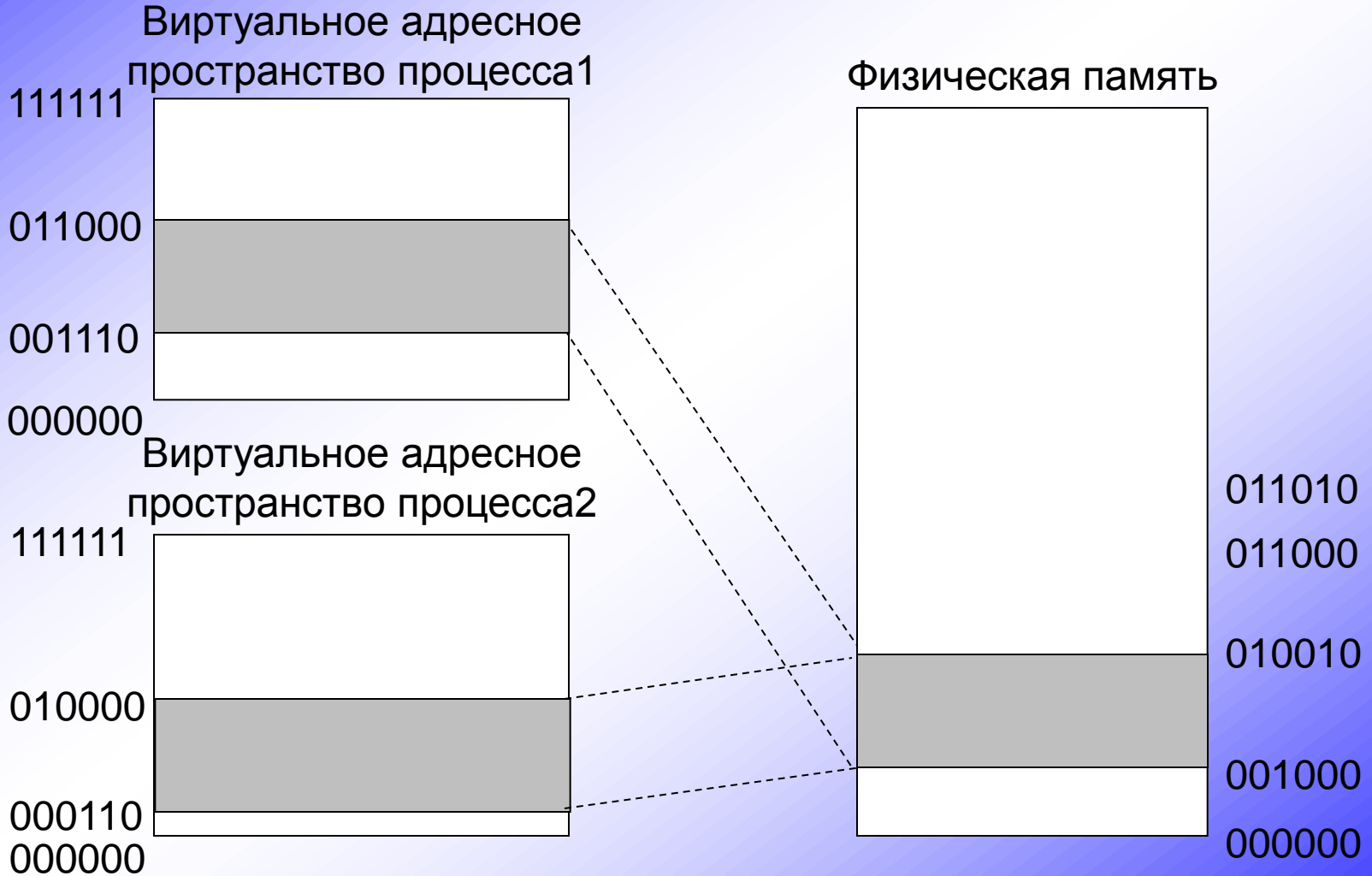
Отображение виртуального адресного пространства на физическую память



Разделяемая и неразделяемая память

- Разделяемая память – память, видимая более чем одному процессу или присутствующая в виртуальном адресном пространстве более чем одного процесса.
- Неразделяемая память – закрытые области памяти для хранения собственных данных процесса.

Разделяемая и неразделяемая память



Системные и пользовательские виртуальные адреса

Виртуальное адресное пространство процесса делится на две непрерывных части:

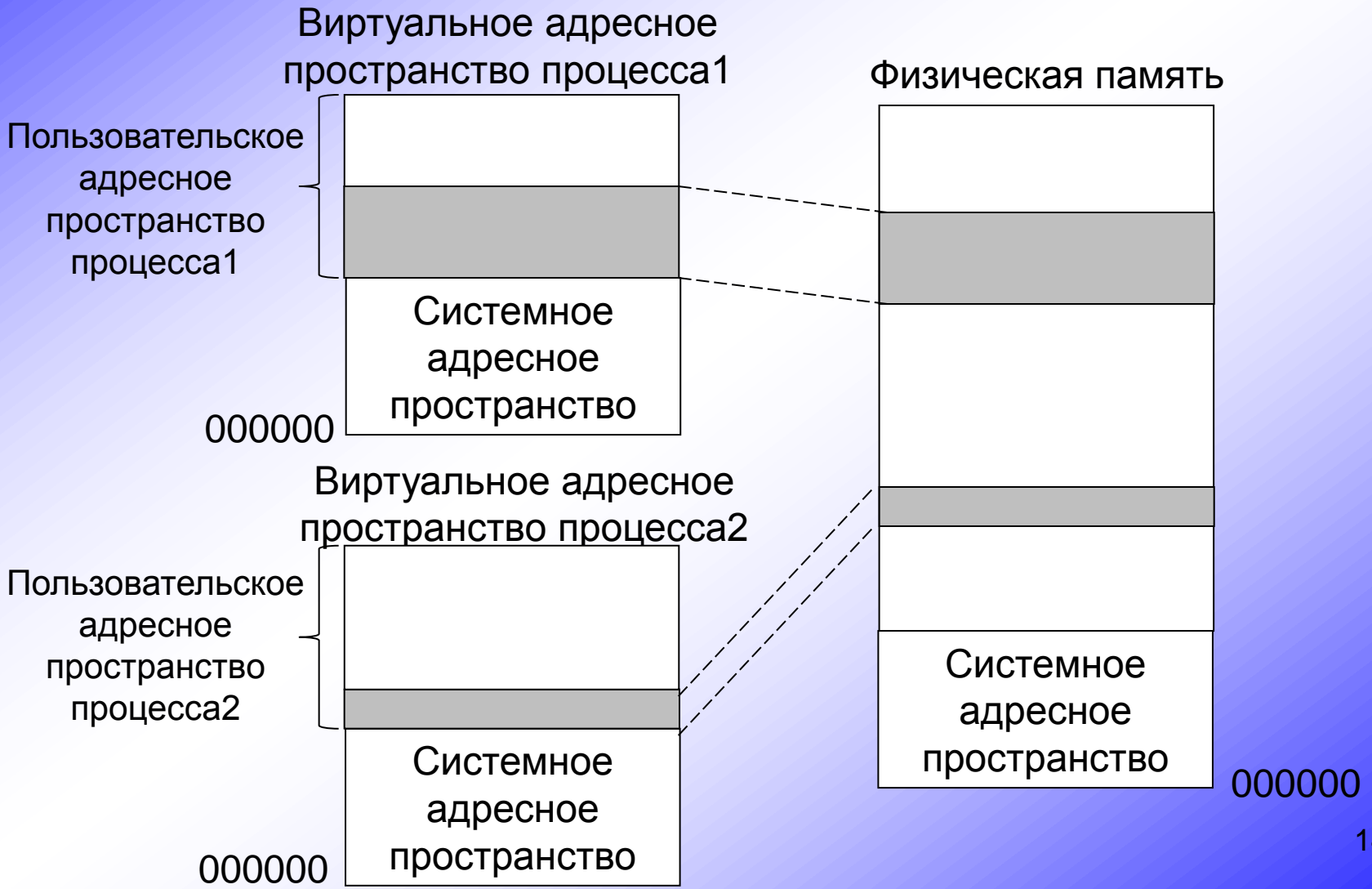
- системная – является идентичной для всех процессов и содержит ядро ОС и разделяемые различными процессами объекты.
- пользовательская – индивидуальна для каждого процесса и содержит коды и данные прикладной программы.

При смене активного процесса заменяется только пользовательская часть.

Особенности работы с системными виртуальными адресами процесса

- Системная часть виртуального адресного пространства делится на две области: подвергаемую страничному вытеснению и невытесняемую.
- Возможно увеличение быстродействия при преобразовании адресов, если виртуальные адреса невытесняемой области напрямую отображаются на физическую память, т.е. виртуальные адреса равны физическим адресам.

Системные и пользовательские виртуальные адреса

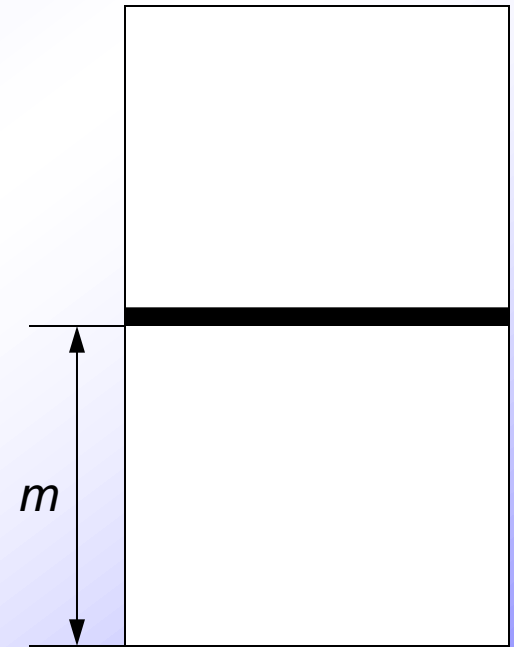


Типы виртуального адресного пространства

- Плоская структура – виртуальное адресное пространство процесса представлено в виде непрерывной линейной последовательности адресов.
- Сегментированная структура – виртуальное адресное пространство процесса делится на части (сегменты).

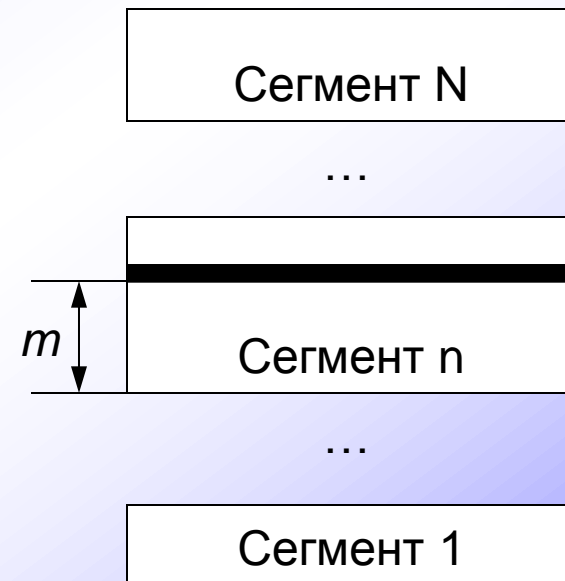
Плоская структура

Виртуальный адрес – число, представляющее собой смещение (m) относительно начала виртуального адресного пространства.



Сегментированная структура

- Виртуальный адрес – пара чисел (n, m) , где n – номер сегмента, а m – смещение внутри сегмента.
- Если сегменты разного размера, то необходима дополнительная структура данных, хранящая размер каждого из сегментов.



Функции подсистемы управления памятью

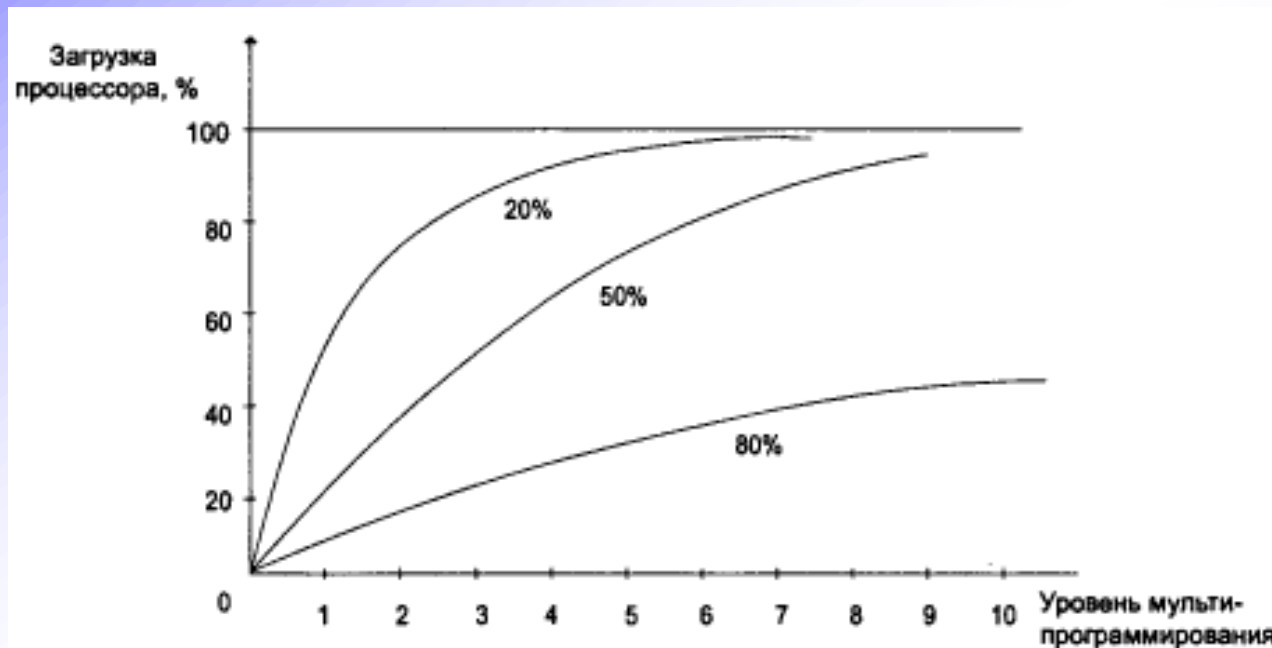
- Выделение памяти процессам и её освобождение по завершении процесса.
- Статическое и динамическое распределение имеющейся памяти между несколькими одновременно выполняемыми процессами.
- Защита адресного пространства процесса от других процессов.

Функции подсистемы управления памятью

- Отслеживание свободной и занятой памяти (учёт использования памяти).
- Настройка адресов программы на конкретную область физической памяти (преобразование виртуальных адресов в физические).
- Вытеснение кодов и данных на диск и их возвращение в оперативную память (виртуальная память).

Виртуальная память

Зависимость загрузки процессора от числа задач и интенсивности ввода-вывода



Проблема: при большом проценте задач ввода-вывода для эффективной работы процессора необходимо большое количество задач, одновременно находящихся в памяти, что может привести к нехватке оперативной памяти.

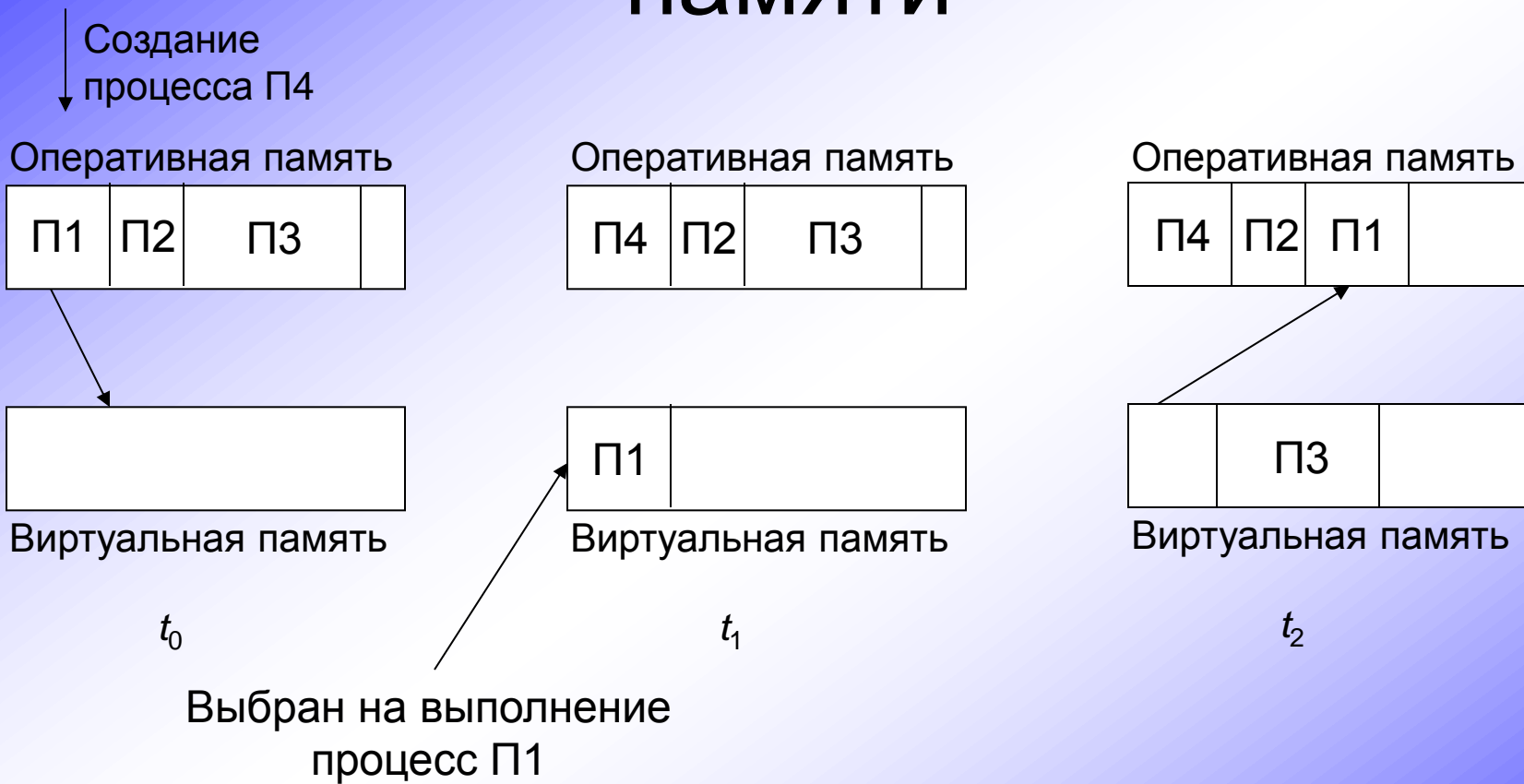
Виртуальная память

Виртуальная память – метод организации вычислительного процесса, при котором образы некоторых процессов целиком (подкачка) или частично временно выгружаются на диск.

Недостатки подкачки:

- избыточность;
- нельзя загрузить процесс с виртуальным адресным пространством большим, чем размер свободной оперативной памяти.

Принцип работы виртуальной памяти



Критерии эффективности:

- быстродействие;
- рациональное использование оперативной памяти.

Задачи, решаемые при виртуализации оперативной памяти

- Размещение данных в запоминающих устройствах разного типа (часть – в оперативной памяти, часть – на диске).
- Выбор образов процессов или их частей для перемещения из оперативной памяти на диск и обратно.
- Перемещение по мере необходимости данных между памятью и диском.
- Преобразование виртуальных адресов в физические.

Размещение данных на диске

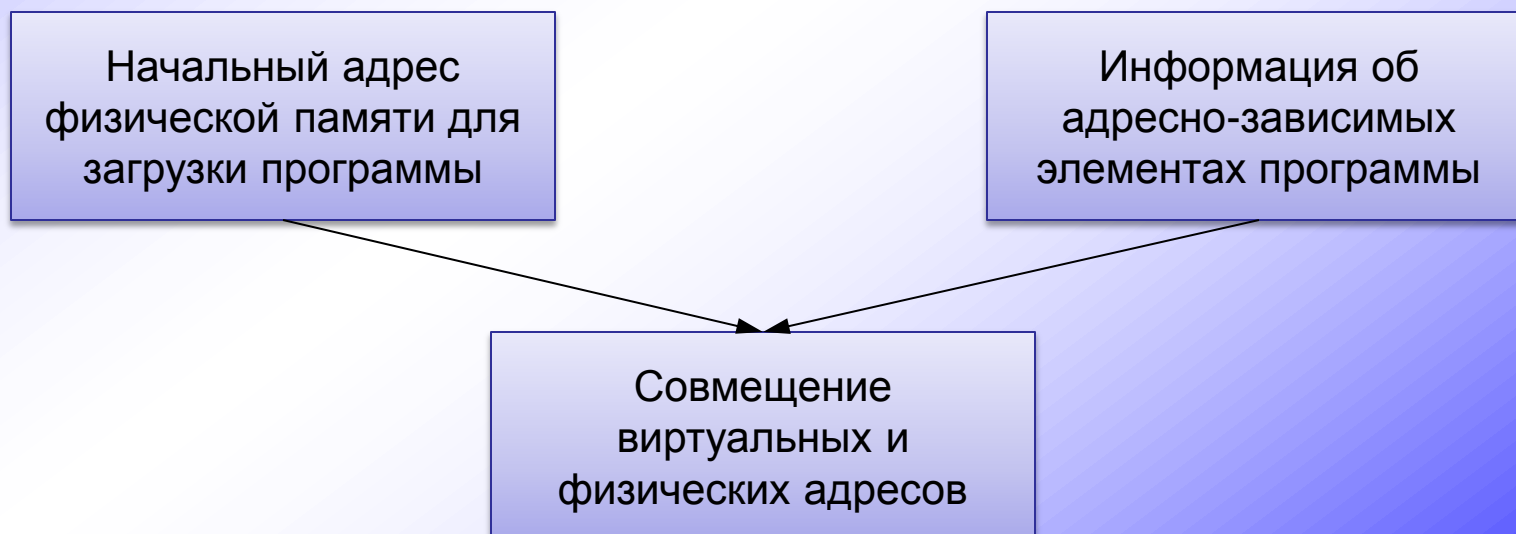
Страничный файл (файл подкачки) – область на диске с регулируемым размером, предназначенная для хранения вытесняемого из оперативной памяти виртуального адресного пространства процесса или его части.

Подходы к преобразованию виртуальных адресов в физические

- Во время начальной загрузки программы в память происходит однократная замена виртуальных адресов на физические при помощи перемещающего загрузчика.
- При загрузке виртуальные адреса не изменяются. При каждом обращении к оперативной памяти происходит преобразование виртуального адреса в физический.

Преобразование при помощи перемещающего загрузчика

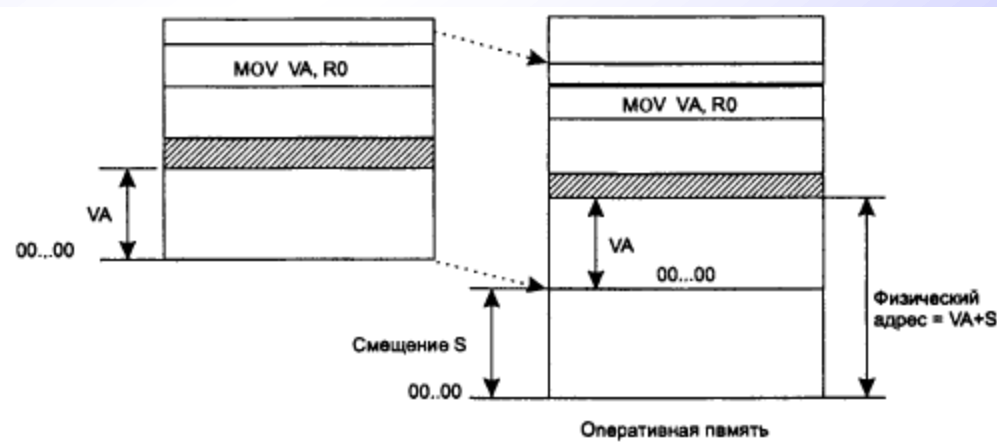
Перемещающий загрузчик – системная программа, выполняющая загрузку программы и одновременно заменяющая виртуальные адреса на физические.



Динамическое преобразование

Для случая, когда виртуальная и физическая память процесса – единые и непрерывные области адресов:

- программа загружается в память в виртуальных адресах;
- фиксируется смещение (s) расположения программного кода в физической памяти относительно виртуального адресного пространства;
- во время выполнения программы при каждом обращении к оперативной памяти выполняется преобразование виртуального адреса (VA) в физический.



Особенности подходов к преобразованию адресов

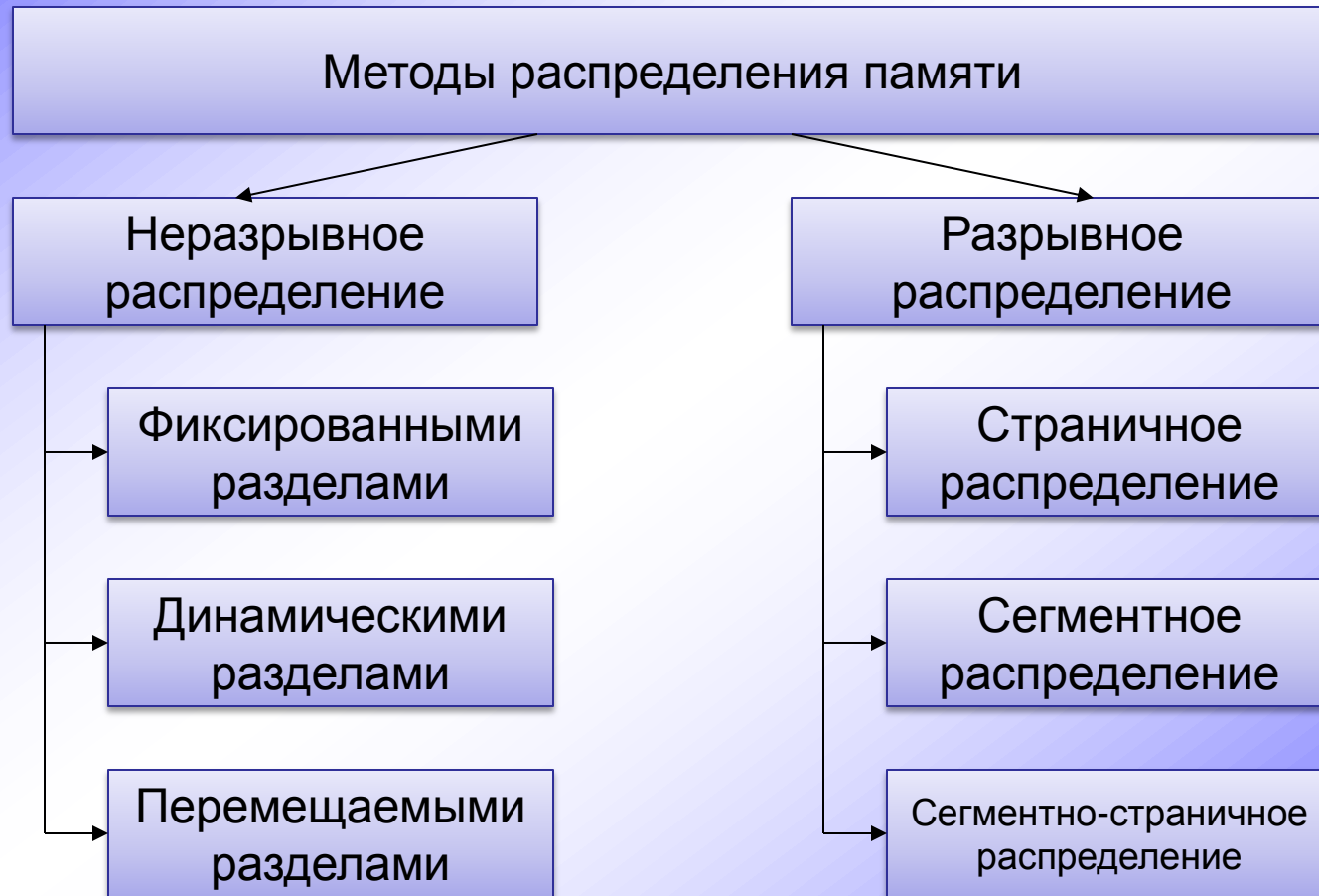
- При использовании перемещающего загрузчика преобразование адресов происходит один раз, что занимает меньше процессорного времени.
- Использование перемещающего загрузчика привязывает программу к первоначально выделенному участку памяти.

Методы распределения памяти

Разрывное и неразрывное распределение памяти

- Неразрывное распределение памяти – физическая память выделяется процессу одним неразрывным интервалом адресов.
- Разрывное распределение памяти – физическая память может выделяться процессу несколькими интервалами адресов, находящимися в разных областях памяти.

Методы распределения памяти между процессами



Алгоритмы разрывного распределения памяти

- Страничное распределение памяти – перемещение данных между памятью и диском страницами.
- Сегментное распределение памяти – перемещение данных между памятью и диском сегментами.
- Сегментно-страничное распределение памяти – виртуальное адресное пространство делится на сегменты, а затем сегменты на страницы (данные перемещаются страницами).

Страничное распределение памяти

- Виртуальные страницы – части виртуального адресного пространства процесса, имеющие одинаковый фиксированный размер (если размер процесса не кратен размеру страницы, то последняя страница дополняется фиктивной областью).
- Физические страницы (блоки) – части оперативной памяти, имеющие размер такой же, как и виртуальные страницы.

Таблица страниц процесса

- Таблица страниц – информационная структура, содержащая записи обо всех страницах процесса (адрес таблицы в памяти включается в контекст процесса).
- Дескриптор страницы – запись таблицы страниц, содержащая информацию о странице.

Дескриптор страницы

Дескриптор таблицы страниц включает:

- признак присутствия ($P=1$, если страница находится в оперативной памяти);
- номер физической страницы, в которую загружена данная виртуальная страница;
- права доступа к странице;
- признак модификации страницы (устанавливается в 1 при каждой записи по адресу, относящемуся к странице);
- признак обращения к странице (устанавливается в 1 при каждом обращении по адресу, относящемуся к странице).

Страничное распределение памяти

Номер
страницы в
виртуальном
адресном
пространстве

0
1
2
3

0
1
2
3

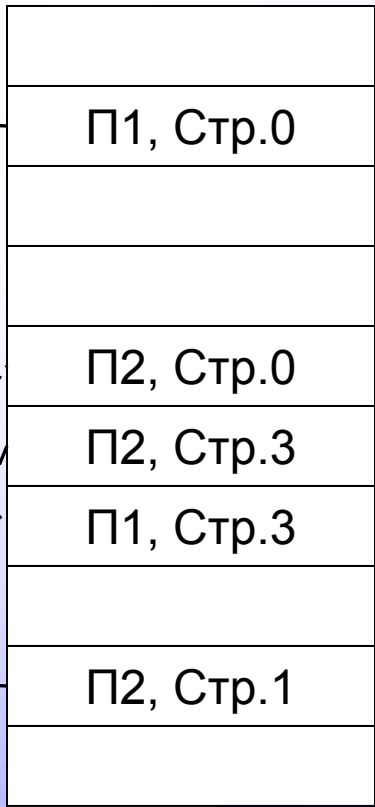
Таблица страниц процесса П1

Р	№ физической страницы	Права доступа
1	8	R-X
0	35	R-W
0	41	R-X
1	3	R-W

Таблица страниц процесса П2

Р	№ физической страницы	Права доступа
1	5	R
1	1	R-W
0	25	R
1	4	R-X

Физическая память



Номера
страниц в
физической
памяти

9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

Действия ОС при обращении к памяти

- При активизации процесса загружается адрес его таблицы страниц в специальный регистр процессора.
- При обращении к памяти происходит поиск виртуальной страницы с требуемым адресом.
- Проверяется признак присутствия виртуальной страницы: если она в оперативной памяти, то виртуальный адрес преобразуется в физический; если она выгружена на диск, то происходит страничное прерывание.

Действия ОС при обращении к памяти

В случае страничного прерывания:

- приостанавливается выполнение текущего процесса и активизируется другой процесс;
- программа обработки страничного прерывания находит на диске требуемую виртуальную страницу;
- производится попытка загрузить страницу в оперативную память (если есть свободная физическая страница, то происходит загрузка; если нет, то по заданному алгоритму замещения страниц происходит выбор вытесняемой страницы).

Действия ОС при обращении к памяти

В случае замещения страниц:

- обнуляется бит присутствия вытесняемой страницы;
- анализируется признак модификации вытесняемой страницы (если страница была модифицирована, то производится запись новой версии страницы на диск);
- освобождаемая страница обнуляется;
- происходит загрузка необходимой страницы.

Виртуальный и физический адреса данных в странице

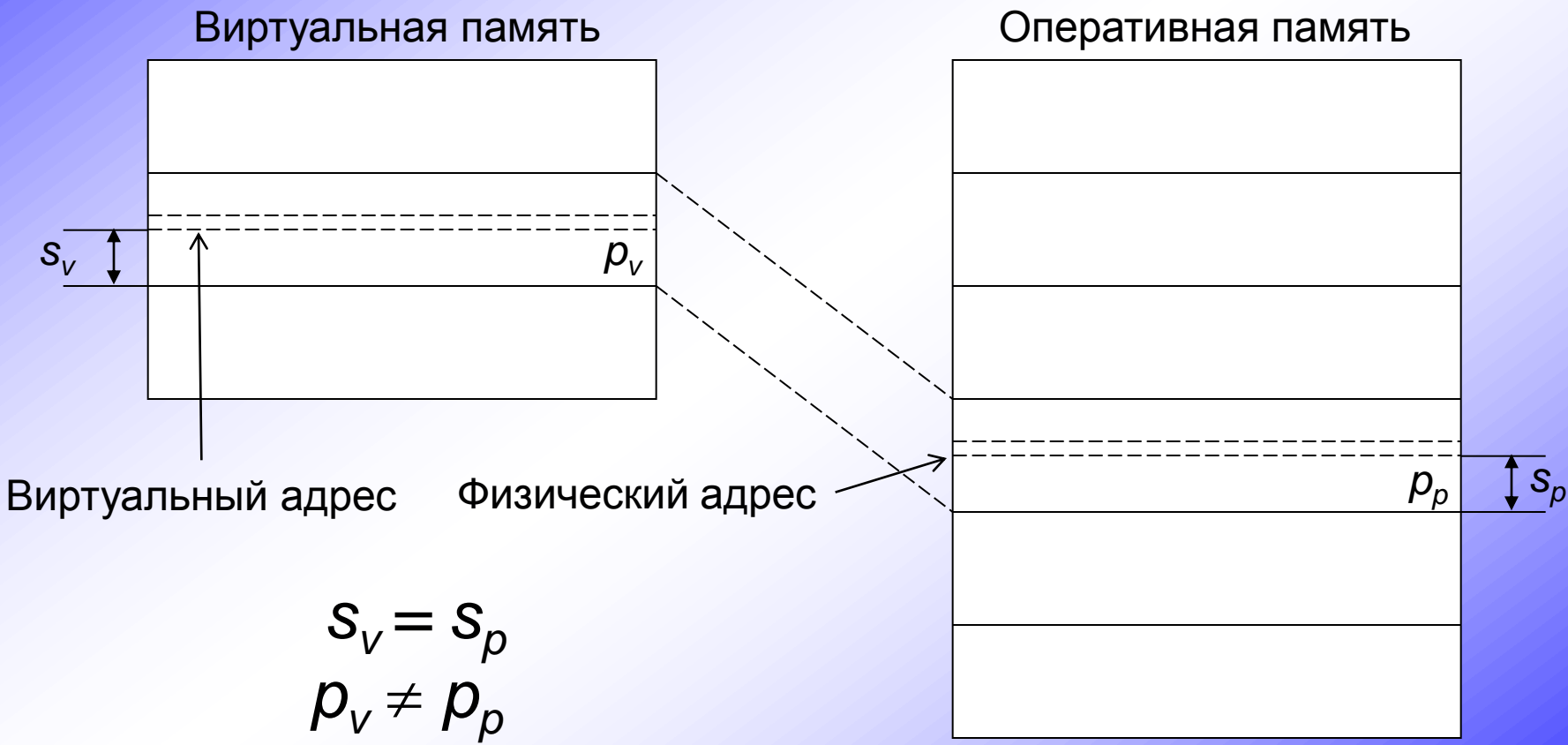
Виртуальный адрес (p_v, s_v) :

- p_v – порядковый номер виртуальной страницы процесса;
- s_v – смещение в пределах виртуальной страницы.

Физический адрес (p_p, s_p) :

- p_p – порядковый номер физической страницы;
- s_p – смещение в пределах физической страницы.

Виртуальный и физический адреса данных в странице



Преобразование виртуального адреса в физический

Преобразование заключается в отображении (p_v, s_v) в (p_p, s_p) .

Базисные свойства страничной организации:

- размер страницы выбирается равным степени двойки – 2^k ;
- в пределах страницы непрерывная последовательность виртуальных адресов однозначно отображается в непрерывную последовательность физических адресов $(s_v = s_p)$.

Первое базисное свойство

00 0000000000

начало 0-й страницы

00 0000000001

00 0000000010

...

00 1111111111

конец 0-й страницы

01 0000000000

начало 1-й страницы

...

01 1111111111

конец 1-й страницы

10 0000000000

начало 2-й страницы

...

10 1111111111

конец 2-й страницы

11 0000000000

начало 3-й страницы

...

11 1111111111

конец 3-й страницы

00 0000000000

№ страницы смещение в
 пределах
 страницы

- Количество страниц – 4 (2^2).
- Размер страницы – 1 КБ (2^{10}).

Алгоритм преобразования адресов при страничном распределении

- Из специального регистра процессора извлекается адрес таблицы страниц активного процесса (AT); определяется адрес нужного дескриптора в таблице страниц: $a = AT + p_v * L$, где p_v – старшие разряды виртуального адреса, L – длина записи в таблице страниц (чаще всего равна размеру страницы).
- Из дескриптора извлекается номер соответствующей физической страницы (p_p).
- К номеру физической страницы присоединяется смещение s (младшие разряды виртуального адреса).

Схема преобразования адресов при страничном распределении

Регистр таблицы страниц

32010

Виртуальный адрес

17 | 280

Номер страницы | Смещение

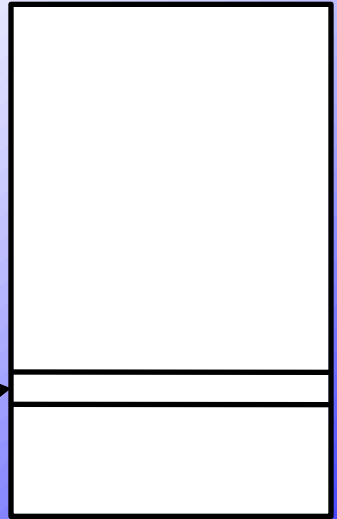
+

32027

Таблица страниц текущего процесса

P	№ физической страницы или адрес на диске	Права доступа
1	23	R-X

Страница №23 в физической памяти



//

23280

23000

Варианты хранения таблицы страниц процесса

- Хранение таблицы страниц целиком в оперативной памяти.
- Хранение только активно используемой в данный момент части таблицы страниц (использование структуры виртуального адресного пространства с разделами).

Структура виртуального адресного пространства с разделами

- Виртуальное адресное пространство делится на разделы, а разделы на страницы.
- Все страницы одинакового размера, разделы содержат одинаковое количество страниц.
- Размер страницы и количество страниц в разделе равны степени двойки.
- У каждого раздела собственная таблица страниц. Размер таблицы равен размеру страницы.
- У каждой таблицы есть дескриптор. Все дескрипторы сведены в таблицу разделов. Физический адрес таблицы разделов хранится в специальном регистре процессора.

Алгоритм преобразования адресов при страничной организации с разделами

- По старшим разрядам виртуального адреса определяется номер раздела.
- По этому номеру из таблицы разделов извлекается дескриптор соответствующей таблицы страниц; по средним разрядам определяется номер дескриптора требуемой виртуальной страницы (если таблицы или страницы нет в оперативной памяти, то происходит страничное прерывание).
- Из дескриптора определяется номер физической страницы и к нему присоединяется смещение, полученное из младших разрядов.

Схема преобразования адресов при страничной организации с разделами

Регистр таблицы разделов

Виртуальный адрес

32000

17	11	280
----	----	-----

+

32017

№ раздела № страницы Смещение

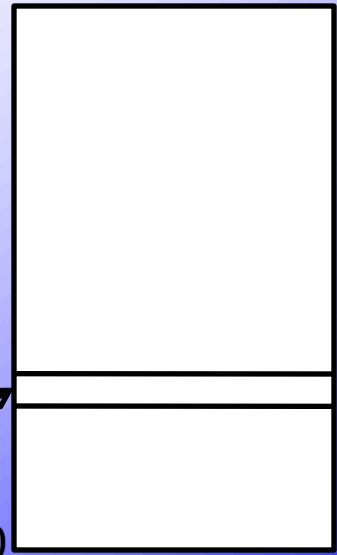
Таблица разделов текущего процесса

P	№ физической страницы таблицы страниц раздела	Права доступа
1	11	R-X

Страница №23 в физической памяти

Таблица страниц текущего раздела

P	№ физической страницы	Права доступа
1	23	R-X



//

11011

//

23280

23000

50

Особенности страничного распределения памяти

- Устойчивость к фрагментации свободного пространства.
- Быстрое преобразование виртуального адреса в физический.
- Уменьшение размеров используемой оперативной памяти при страничной организации с разделами, но при этом усложнение преобразования адресов.
- Отсутствие дифференцированного доступа к разным частям программы с учётом их смыслового значения (кодам, данным).

Сегментное распределение памяти

Сегмент – часть виртуального адресного пространства, размер которой определяется с учётом смыслового значения содержащейся в ней информации.

Сегмент может быть подпрограммой, массивом данных.

У каждого сегмента своё виртуальное адресное пространство.

Дескриптор сегмента

Дескриптор сегмента включает:

- признак присутствия;
- базовый физический адрес сегмента в оперативной памяти и размер сегмента;
- права доступа к сегменту;
- признак модификации сегмента;
- признак обращения к сегменту.

Сегментное распределение памяти

Номер сегмента в виртуальном адресном пространстве

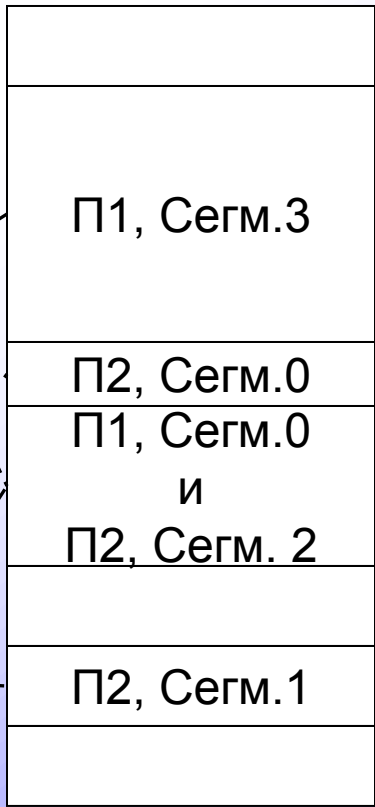
Таблица сегментов процесса П1

Р	Базовый адрес	Размер сегмента	Права доступа
1	50	30	R-X
0	35	28	R-W
0	24	5	R-X
1	90	61	R-W

Таблица сегментов процесса П2

Р	Базовый адрес	Размер сегмента	Права доступа
1	80	10	R
1	15	15	R-W
1	50	30	R-X
0	87	22	R-X

Физическая память



Номера ячеек в физической памяти

- 151
- 90
- 80
- 50
- 30
- 15
- 0

Преобразование адресов при сегментном распределении

Виртуальный адрес при сегментной организации памяти (g, s):

- g – номер сегмента;
- s – смещение в сегменте.

Преобразование: из таблицы сегментов выбирается значение базового физического адреса сегмента с номером g и с ним суммируется значение смещения s .

Схема преобразования адресов при сегментном распределении

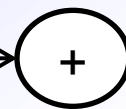
Регистр таблицы сегментов

31510

Виртуальный адрес

11	280
----	-----

Номер сегмента Смещение

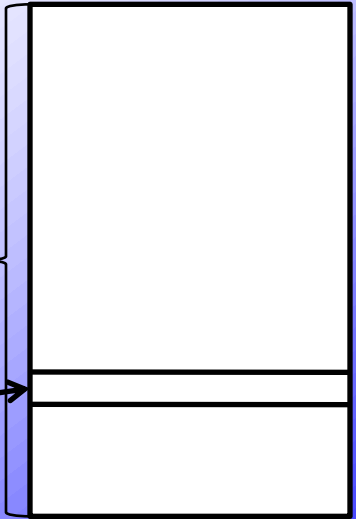


31521

Таблица сегментов текущего процесса

P	Адрес начала сегмента	Длина сегмента	Права доступа
1	19700	1300	R-X

Сегмент №11 в физической памяти



19980

19700

Преимущества сегментного распределения памяти

- Существует возможность не хранить в оперативной памяти редко используемые сегменты; если в основном запросы происходят в рамках одного сегмента, то для преобразования адресов достаточно считать смещение и не нужно считывать другую таблицу сегментов.
- Возможно совместное использование фрагментов программы различными процессами (исключается дублирование подобных фрагментов в памяти).

Недостатки сегментного распределения памяти

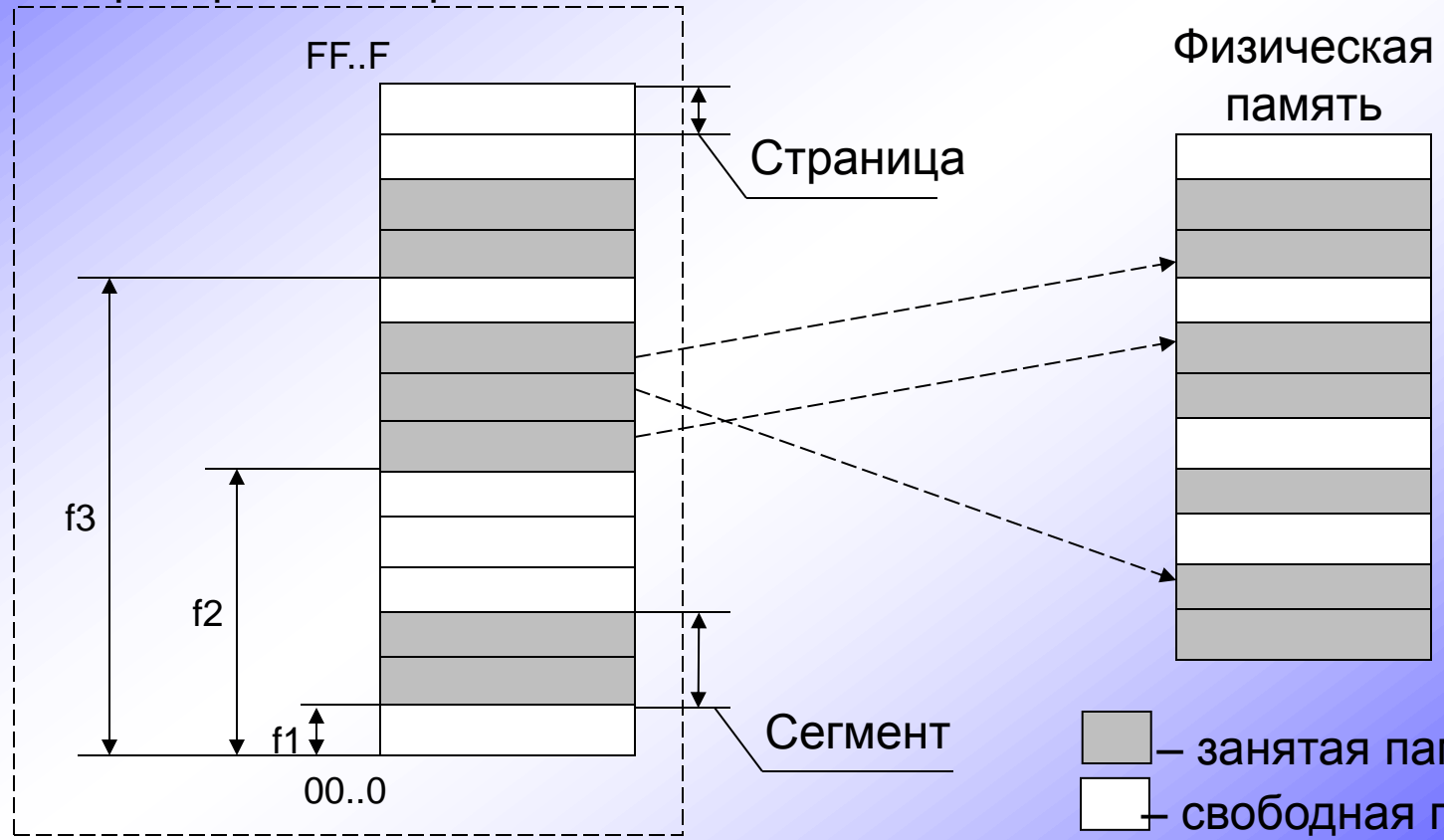
- Усложнение операции преобразования виртуального адреса в физический, как следствие уменьшение быстродействия.
- Избыточность при перемещении данных между диском и оперативной памятью.

Сегментно-страничное распределение памяти

- Виртуальное адресное пространство процесса разделено на сегменты.
- Перемещение данных между диском и оперативной памятью осуществляется страницами (каждый сегмент и физическая память разделены на страницы одинакового размера).

Сегментно-страничное распределение памяти

Виртуальное адресное пространство процесса



f1, f2, f3 – базовые виртуальные адреса сегментов

Таблица сегментов процесса

Содержимое таблицы сегментов:

- адрес таблицы страниц, входящих в сегмент;
- размер сегмента в страницах;
- правила доступа к сегменту;
- признаки модификации, присутствия и обращения к данному сегменту и др. информация.

Базовые адреса таблицы сегментов и таблиц страниц являются частью контекста процесса.

Схема преобразования адресов при сегментно-страничной организации

- Виртуальные страницы нумеруются в пределах каждого сегмента.
- Дескриптор сегмента содержит адрес таблицы страниц заданного сегмента. Структура дескриптора страницы такая же, как при страничном распределении.
- Виртуальный адрес – (g, p_v, s) , где g – номер сегмента, p – номер страницы, s – смещение в странице.

Схема преобразования адресов при сегментно-страничной организации

Регистр таблицы сегментов

Виртуальный адрес

32010

17	11	280
----	----	-----

№ сегмента № страницы Смещение

+

32027

Таблица сегментов текущего процесса

P	Адрес таблицы страниц	Длина сегмента	Права доступа
1	11000	20	R-X

Страница №23 в физической памяти

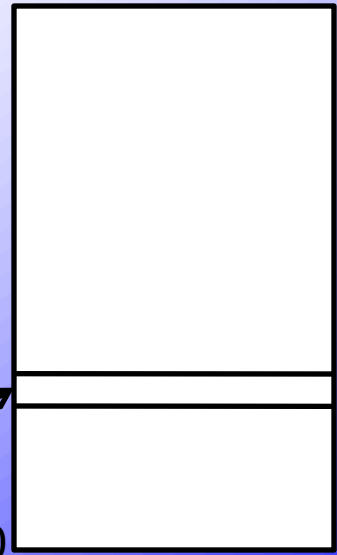


Таблица страниц текущего сегмента

P	№ физической страницы	Права доступа
1	23	R-X

+

11011

//

23280

23000

63

Рассмотренные вопросы

- Структура виртуального адресного пространства.
- Принципы работы виртуальной памяти.
- Разрывные методы распределения памяти.
- Алгоритмы преобразования адресов при использовании разрывных методов.

**Всем спасибо –
все свободны,
если нет вопросов**