

# Операционные Системы

## Логическая память

May 16, 2017

# Логическое адресное пространство

- ▶ Зачем вообще нужно разделение на логическое и физическое адресное пространства?

# Логическое адресное пространство

- ▶ Зачем вообще нужно разделение на логическое и физическое адресное пространства?
  - ▶ абстракция - приложение не знает о структуре физической памяти;

# Логическое адресное пространство

- ▶ Зачем вообще нужно разделение на логическое и физическое адресное пространства?
  - ▶ абстракция - приложение не знает о структуре физической памяти;
  - ▶ изоляция и защита - каждое приложение имеет свое логическое адресное пространство.

# Понятие процесса

- ▶ Процесс - контейнер для ресурсов ОС

# Понятие процесса

- ▶ Процесс - контейнер для ресурсов ОС
  - ▶ ОС может и не поддерживать (XX-DOS);

# Понятие процесса

- ▶ Процесс - контейнер для ресурсов ОС
  - ▶ ОС может и не поддерживать (XX-DOS);
  - ▶ ОС выделяет ресурсы, например, память, процессам;

# Понятие процесса

- ▶ Процесс - контейнер для ресурсов ОС
  - ▶ ОС может и не поддерживать (XX-DOS);
  - ▶ ОС выделяет ресурсы, например, память, процессам;
  - ▶ код, исполняющийся в рамках процесса, используют его ресурсы.



# Понятие процесса

- ▶ Процессы, по-умолчанию, изолированы друг от друга:

# Понятие процесса

- ▶ Процессы, по-умолчанию, изолированы друг от друга:
  - ▶ у каждого процесса свое логическое адресное пространство;

# Понятие процесса

- ▶ Процессы, по-умолчанию, изолированы друг от друга:
  - ▶ у каждого процесса свое логическое адресное пространство;
  - ▶ т. е. код в рамках одного процесса не может залезть в память другого процесса.

# Логическое адресное пространство

- ▶ Как логические адреса отображаются на физические?
- ▶ Как логические адресные пространства защищены?

# Логическое адресное пространство

- ▶ Как логические адреса отображаются на физические?
- ▶ Как логические адресные пространства защищены?
  - ▶ сегментация (важно для x86);

# Логическое адресное пространство

- ▶ Как логические адреса отображаются на физические?
- ▶ Как логические адресные пространства защищены?
  - ▶ сегментация (важно для x86);
  - ▶ paging (страничная организация памяти).

# Сегментация

- ▶ Сегментация в Real Mode:

# Сегментация

- ▶ Сегментация в Real Mode:
  - ▶ логический адрес - сегмент (*SEG*) и смещение (*OFF*);
  - ▶ *SEG* хранится в одном из сегментных регистров (*CS, SS, DS, ES, GS, FS*);



# Сегментация

- ▶ Сегментация в Real Mode:
  - ▶ логический адрес - сегмент ( $SEG$ ) и смещение ( $OFF$ );
  - ▶  $SEG$  хранится в одном из сегментных регистров ( $CS, SS, DS, ES, GS, FS$ );
  - ▶  $A_{phys} = (SEG \times 16 + OFF) \bmod 2^{20}$ .

# Сегментация

- ▶ *SEG* - идентификатор сегмента физической памяти:

# Сегментация

- ▶ *SEG* - идентификатор сегмента физической памяти:
  - ▶ сегмент *SEG* начинается по физическому адресу  $SEG \times 16$ ;

# Сегментация

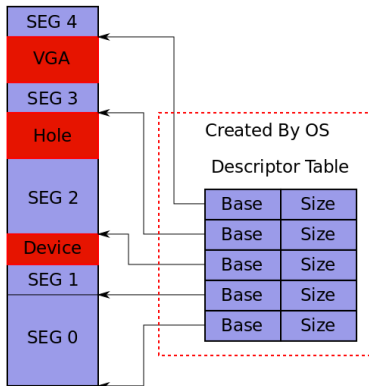
- ▶ *SEG* - идентификатор сегмента физической памяти:
  - ▶ сегмент *SEG* начинается по физическому адресу  $SEG \times 16$ ;
  - ▶ сегмент *SEG* имеет размер  $2^{16}$  байт.

# Сегментация

- ▶ *SEG* - идентификатор сегмента физической памяти:
  - ▶ сегмент *SEG* начинается по физическому адресу  $SEG \times 16$ ;
  - ▶ сегмент *SEG* имеет размер  $2^{16}$  байт.
- ▶ А что если разрешить ОС изменять параметры сегмента?

# Таблица дескрипторов сегментов

Physical Memory



# Изоляция и защита с помощью сегментации

- ▶ Пусть ОС "выдает" каждому процессу свой дескриптор (*SEG*)

# Изоляция и защита с помощью сегментации

- ▶ Пусть ОС "выдает" каждому процессу свой дескриптор (*SEG*)
  - ▶ каждый дескриптор описывает свой участок физической памяти;



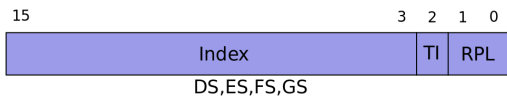
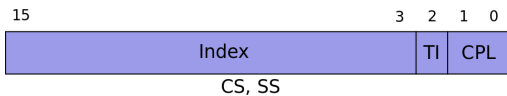
# Изоляция и защита с помощью сегментации

- ▶ Пусть ОС "выдает" каждому процессу свой дескриптор (*SEG*)
  - ▶ каждый дескриптор описывает свой участок физической памяти;
  - ▶ разные процессы пользуются разными дескрипторами (т. е. разные значения *SEG*);

# Изоляция и защита с помощью сегментации

- ▶ Пусть ОС "выдает" каждому процессу свой дескриптор (*SEG*)
  - ▶ каждый дескриптор описывает свой участок физической памяти;
  - ▶ разные процессы пользуются разными дескрипторами (т. е. разные значения *SEG*);
  - ▶ непривилегированному коду запрещено изменять сегментные регистры.

# Селектор сегмента



# Уровни привилегий в x86

- ▶ В x86 выделяют 4 уровня привилегий:
  - ▶ ring0 - ring3;

# Уровни привилегий в x86

- ▶ В x86 выделяют 4 уровня привилегий:
  - ▶ ring0 - ring3;
  - ▶ ring0 - наивысший уровень привилегий (код ядра ОС);
  - ▶ ring3 - низший уровень привилегий (код пользовательских приложений).

# Global Descriptor Table

- ▶ В x86 таблицу дескрипторов называют GDT

# Global Descriptor Table

- ▶ В x86 таблицу дескрипторов называют GDT
  - ▶ адрес и размер GDT хранятся в специальном регистре GDTR;

# Global Descriptor Table

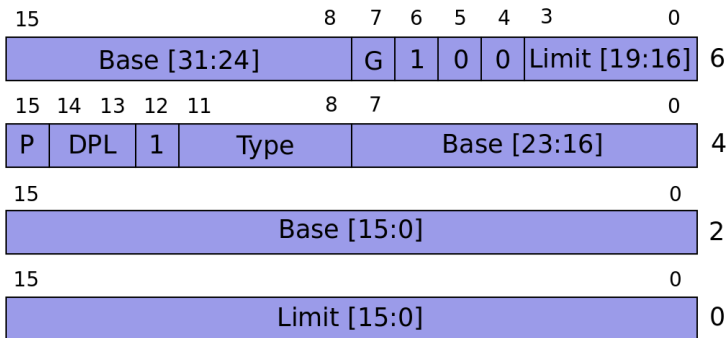
- ▶ В x86 таблицу дескрипторов называют GDT
  - ▶ адрес и размер GDT хранятся в специальном регистре GDTR;
  - ▶ писать и читать GDTR можно с помощью инструкций *LIDT* и *SIDT*;



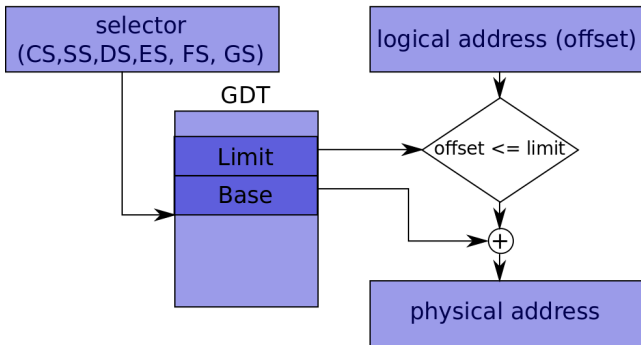
# Global Descriptor Table

- ▶ В x86 таблицу дескрипторов называют GDT
  - ▶ адрес и размер GDT хранятся в специальном регистре GDTR;
  - ▶ писать и читать GDTR можно с помощью инструкций *LIDT* и *SIDT*;
  - ▶ писать в GDTR может только привилегированный код.

# Дескриптор сегмента в Protected Mode



# Преобразование в физический адрес



# Сегментация в Long Mode

- ▶ Сегментация в Long Mode *практически* не используется

# Сегментация в Long Mode

- ▶ Сегментация в Long Mode *практически* не используется
  - ▶ *ES, DS, FS, GS* обычно равны 0;

# Сегментация в Long Mode

- ▶ Сегментация в Long Mode *практически* не используется
  - ▶ *ES, DS, FS, GS* обычно равны 0;
  - ▶ поля *Base* и *Limit* дескрипторов игнорируются;

# Сегментация в Long Mode

- ▶ Сегментация в Long Mode *практически* не используется
  - ▶ *ES, DS, FS, GS* обычно равны 0;
  - ▶ поля *Base* и *Limit* дескрипторов игнорируются;
  - ▶ *CS* и *SS* все еще хранят *CPL*.

# Сегментация в Long Mode

- ▶ Сегментация в Long Mode *практически* не используется
  - ▶ *ES, DS, FS, GS* обычно равны 0;
  - ▶ поля *Base* и *Limit* дескрипторов игнорируются;
  - ▶ *CS* и *SS* все еще хранят *CPL*.
- ▶ Вместо сегментации используется paging.



# Paging

- ▶ Давайте просто использовать словарь
  - ▶ словарь хранит отображение логических адресов на физические;

# Paging

- ▶ Давайте просто использовать словарь
  - ▶ словарь хранит отображение логических адресов на физические;
  - ▶ ядро ОС создает свой словарь для каждого процесса.

# Paging

- ▶ Как должен выглядеть словарь?

# Paging

- ▶ Как должен выглядеть словарь?
  - ▶ отображать каждый байт отдельно  
непрактично;

# Paging

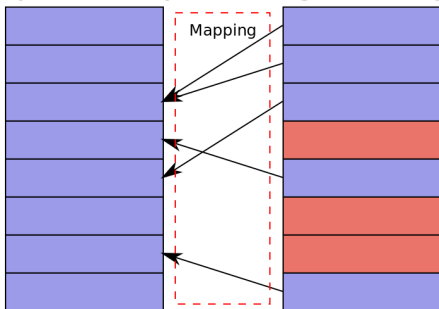
- ▶ Как должен выглядеть словарь?
  - ▶ отображать каждый байт отдельно  
непрактично;
  - ▶ отображение происходит блоками  
фиксированного размера (страницами);

# Paging

- ▶ Как должен выглядеть словарь?
  - ▶ отображать каждый байт отдельно непрактично;
  - ▶ отображение происходит блоками фиксированного размера (страницами);
  - ▶ размер страницы определяется архитектурой (типичные размеры: 4Kb и 64Kb).

# Paging

Physical Memory      Logical Memory



# Paging

- ▶ Как должен выглядеть словарь?



# Paging

- ▶ Как должен выглядеть словарь?
  - ▶ не каждый процесс использует все логическое адресное пространство (даже в 32-битных системах и тем более в 64-битных);

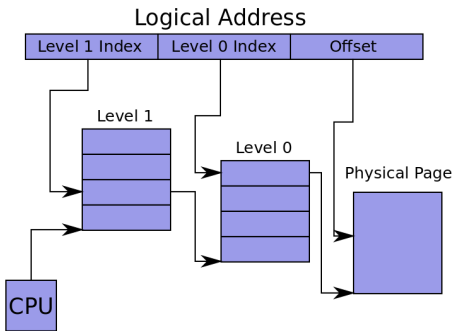
# Paging

- ▶ Как должен выглядеть словарь?
  - ▶ не каждый процесс использует все логическое адресное пространство (даже в 32-битных системах и тем более в 64-битных);
  - ▶ не хочется хранить информацию для неиспользуемых страниц;

# Paging

- ▶ Как должен выглядеть словарь?
  - ▶ не каждый процесс использует все логическое адресное пространство (даже в 32-битных системах и тем более в 64-битных);
  - ▶ не хочется хранить информацию для неиспользуемых страниц;
  - ▶ структура должна быть сравнительно простой.

# Таблица страниц



# Translation Lookaside Buffer

- ▶ А вы заметили проблему таблиц страниц?

# Translation Lookaside Buffer

- ▶ А вы заметили проблему таблиц страниц?
  - ▶ мы хотим прочитать 1 байт по некоторому логическому адресу;

# Translation Lookaside Buffer

- ▶ А вы заметили проблему таблиц страниц?
  - ▶ мы хотим прочитать 1 байт по некоторому логическому адресу;
  - ▶ процессор должен прочитать записи в нескольких таблицах.

# Translation Lookaside Buffer

- ▶ Процессор кеширует результаты трансляции в TLB:



# Translation Lookaside Buffer

- ▶ Процессор кеширует результаты трансляции в TLB:
  - ▶ TLB может значительно ускорить обращение к памяти;

# Translation Lookaside Buffer

- ▶ Процессор кеширует результаты трансляции в TLB:
  - ▶ TLB может значительно ускорить обращение к памяти;
  - ▶ если код не обращается каждый раз к новой странице.

# Translation Lookaside Buffer

- ▶ Процессор не может отследить изменения в таблицах страниц:

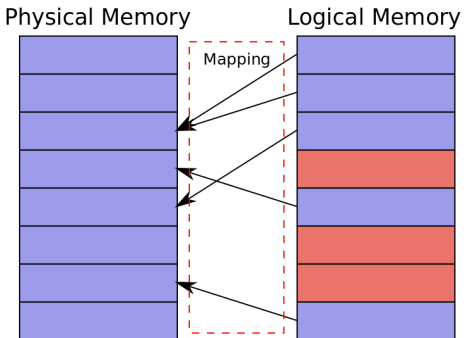
# Translation Lookaside Buffer

- ▶ Процессор не может отследить изменения в таблицах страниц:
  - ▶ TLB не прозрачен, т. е. необходимо явно "сбрасывать" записи;

# Translation Lookaside Buffer

- ▶ Процессор не может отследить изменения в таблицах страниц:
  - ▶ TLB не прозрачен, т. е. необходимо явно "сбрасывать" записи;
  - ▶ об этом тоже должно заботиться ядро ОС.

# Page Fault



# Page Fault

- ▶ Не все записи в таблицах страниц используются
  - ▶ что, если код обратится к логическому адресу, для которого нет отображения?

# Page Fault

- ▶ Не все записи в таблицах страниц используются
  - ▶ что, если код обратится к логическому адресу, для которого нет отображения?
  - ▶ генерируется специальное исключение - Page Fault.



# Защита памяти

- ▶ Paging также позволяет запретить некоторые действия с памятью:

# Защита памяти

- ▶ Paging также позволяет запретить некоторые действия с памятью:
  - ▶ мы уже видели запрет на обращение к памяти;

# Защита памяти

- ▶ Paging также позволяет запретить некоторые действия с памятью:
  - ▶ мы уже видели запрет на обращение к памяти;
  - ▶ запись в какой-то участок логической памяти;

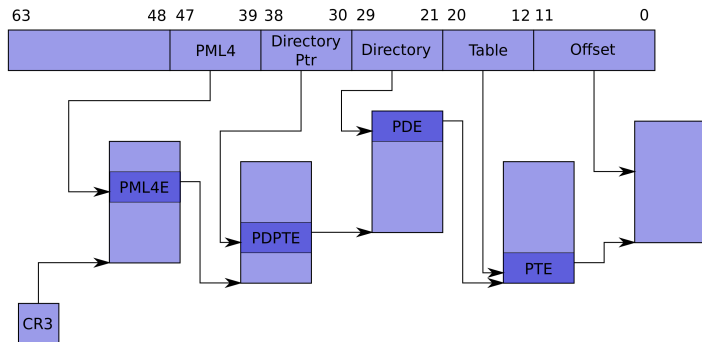
# Защита памяти

- ▶ Paging также позволяет запретить некоторые действия с памятью:
  - ▶ мы уже видели запрет на обращение к памяти;
  - ▶ запись в какой-то участок логической памяти;
  - ▶ исполнение кода из какого-то участка памяти;

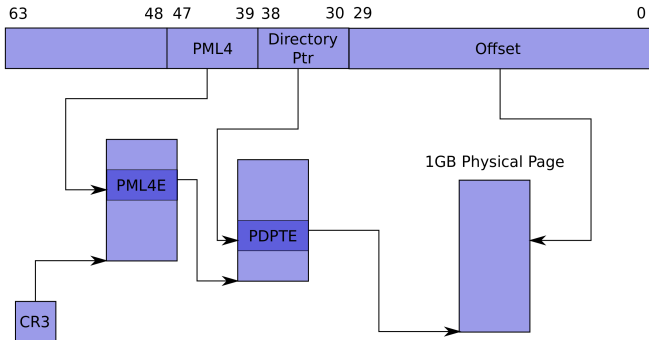
# Защита памяти

- ▶ Paging также позволяет запретить некоторые действия с памятью:
  - ▶ мы уже видели запрет на обращение к памяти;
  - ▶ запись в какой-то участок логической памяти;
  - ▶ исполнение кода из какого-то участка памяти;
  - ▶ обращение непривилегированного кода.

# Paging в x86 Long Mode



# Paging в x86 Long Mode



# Paging в x86 Long Mode



- ▶ *P* - если 0, запись не используется;
- ▶ *R/W* - если 0, то запись запрещена;
- ▶ *U/S* - если 0, то запрещен непривилегированный доступ;
- ▶ *PS* - если 1, это последний уровень;
- ▶ *XD* - если 1, то запрещено исполнение.



# Резюме

- ▶ Логическое и физическое адресное пространства:

# Резюме

- ▶ Логическое и физическое адресное пространства:
  - ▶ программы используют логические адреса (указатели);

# Резюме

- ▶ Логическое и физическое адресное пространства:
  - ▶ программы используют логические адреса (указатели);
  - ▶ процессор использует физические адреса;

# Резюме

- ▶ Логическое и физическое адресное пространства:
  - ▶ программы используют логические адреса (указатели);
  - ▶ процессор использует физические адреса;
  - ▶ ОС определяет как логические адреса отображаются на физические.

# Резюме

- ▶ Понятие процесса:

# Резюме

- ▶ Понятие процесса:
  - ▶ каждый процесс имеет свое логическое адресное пространство;

# Резюме

- ▶ Понятие процесса:
  - ▶ каждый процесс имеет свое логическое адресное пространство;
  - ▶ процессы изолированы друг от друга.

# Резюме

- ▶ Сегментация и страничная адресация памяти:



# Резюме

- ▶ Сегментация и страничная адресация памяти:
  - ▶ ОС использует эти аппаратные механизмы для организации изоляции процессов;

# Резюме

- ▶ Сегментация и страничная адресация памяти:
  - ▶ ОС использует эти аппаратные механизмы для организации изоляции процессов;
  - ▶ многие современные архитектуры с поддержкой защиты памяти используют paging (и очень немногие сегментацию).