

ДИСТАНЦИОННАЯ ЛЕКЦИЯ по теме:

Защищенный режим работы. Адресация при работе в защищенном режиме

Переход в защищенный режим осуществляется программно путем выполнения соответствующей последовательности команд.

В защищенном режиме программа состоит из сегментов, адресуемых с помощью 16-разрядных сегментных регистров. В сегментные регистры в защищенном режиме записываются селекторы, биты 3...15 которых рассматриваются, как номера (индексы) ячеек специальной таблицы, содержащей дескрипторы сегментов программы. Таблица дескрипторов обычно создается операционной системой защищенного режима (например, системой Windows) и, как правило, недоступна программе. Каждый дескриптор таблицы дескрипторов имеет размер 8 байт, и в нем хранятся все характеристики, необходимые процессору для обслуживания этого сегмента. Среди этих характеристик необходимо выделить в первую очередь две: адрес сегмента и его длину

Под адрес сегмента в дескрипторе выделяется 32 бит, и, таким образом, сегмент может начинаться в любой точке адресного пространства объемом $2^{32} \sim 4$ Гбайт. Это адресное пространство носит название линейного. В простейшем случае, когда исключено страничное преобразование, линейные адреса отвечают физическим. Таким образом, процессор может работать с оперативной памятью объемом до 4 Гбайт.

Адрес адресуемой ячейки вычисляется процессором, как сумма базового адреса сегмента и смещения:

Линейный адрес = базовый адрес сегмента + смещение В 32-разрядных процессорах смещение имеет размер 32 бит, поэтому максимальная длина сегмента составляет $2^{32} = 4$ Гбайт.

Адреса, используемые программой для обращения к ячейкам памяти, и состоящие всегда из двух компонентов — селектора и смещения — иногда называются виртуальными.

Система сегментной адресации преобразует виртуальные адреса в линейные. Программисту доступны только виртуальные адреса, преобразование же их в линейные и затем в физические берет на себя операционная система.

Каков объем виртуального адресного пространства? Программа указывает номер нужного ей дескриптора с помощью селектора, в котором для индекса дескриптора отведено 13 бит. Отсюда следует, что в дескрипторной таблице

может быть до $2 = 8 \text{ К}$ дескрипторов. Однако в действительности их в два раза

больше, так как программа может работать не с одной, а с двумя дескрипторными таблицами — одной глобальной, разделяемой всеми выполняемыми задачами, и одной локальной, принадлежащей конкретной задаче. В селекторе предусмотрен специальный бит (бит 2), состояние которого говорит о типе требуемой программе дескрипторной таблицы. Таким образом, всего программе могут быть доступны $2^{14} = 16 \text{ К}$ дескрипторов, т.е. 16 К сегментов. Так

как размер каждого сегмента, определяемый максимальной величиной смещения, может достигать $2^{32} = 4 \text{ Гбайт}$, объем виртуального адресного пространства оказывается равным $16 \text{ К} * 4 \text{ Гбайт} = 64 \text{ Тбайт}$.

Полный объем виртуального пространства может быть реализован только с помощью многозадачной операционной системы, которая хранит все неиспользуемые в настоящий момент сегменты на диске, загружая их в память по мере необходимости.

Преобразование линейных адресов в физические осуществляется с помощью страничной трансляции, частично реализуемой процессором, а частично — операционной системой. Если страничная трансляция выключена, все линейные адреса совпадают с физическими; если страничная трансляция включена, то линейные адреса преобразуются в физические в соответствии с содержимым страничных таблиц. На рисунке 12 представлена цепочка преобразований виртуального адреса в физический

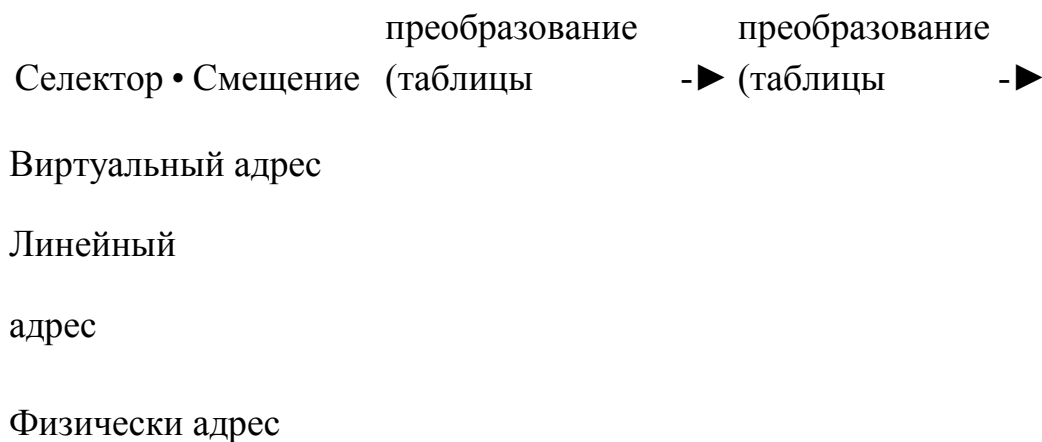
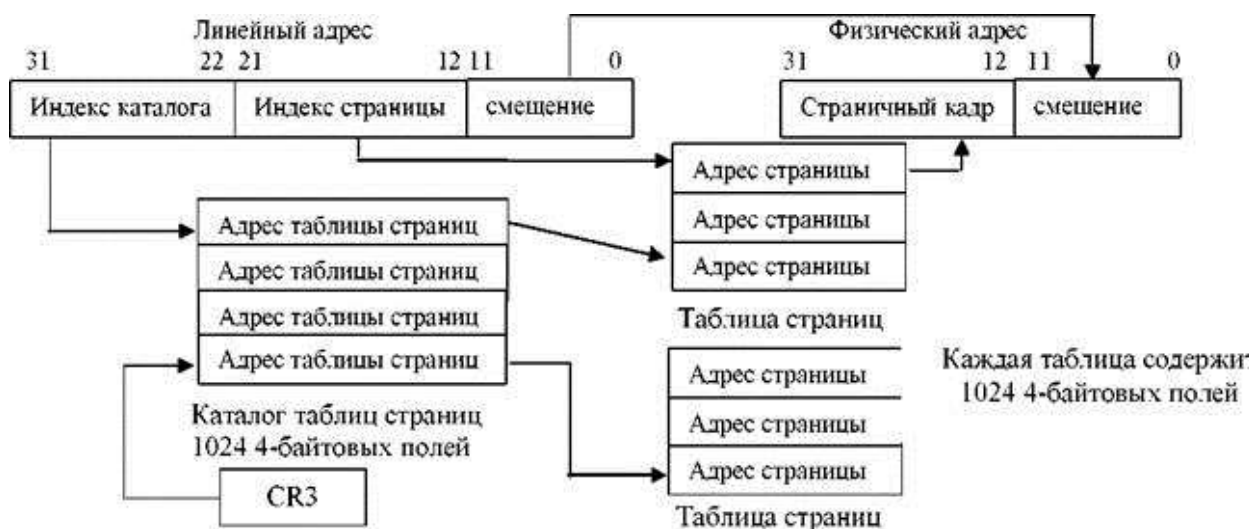


Рисунок 12. Цепочка преобразований виртуального адреса в физический.

Страницей называется связный участок линейного или физического адресного пространства объемом 4 Кбайт. Механизм страничной трансляции отображает логические страницы на физические в соответствии с информацией, содержащейся в страничных таблицах.

Система страничных таблиц состоит из двух уровней. На первом уровне находится каталог таблиц страниц (или просто каталог страниц) — резидентная в памяти таблица, содержащая 1024 4х-байтовых поля с адресами таблиц страниц. На втором уровне находятся таблицы страниц, каждая из которых содержит так же 1024 4х-байтовых поля с адресами физических страниц памяти. Максимально возможное число таблиц страниц определяется числом полей в каталоге и может достигать до 1024. Поскольку размер страницы составляет 4 Кбайт, 1024 таблицы по 1024 страницы перекрывают все адресное пространство (4 Гбайт). На рисунке 13 представлена схема страничной трансляции адресов .



Базовый адрес каталога Рисунок 13. Страничная трансляция адресов.

Не все 1024 таблицы страниц должны обязательно иметься в наличии (кстати, они заняли бы в памяти довольно много места — 4 Мбайт). Если программа реально использует лишь часть возможного линейного адресного пространства, а так всегда и бывает, то неиспользуемые поля в каталоге страниц помечаются, как отсутствующие. Для таких полей система, экономя память, не выделяет страничные таблицы.

При включенной страничной трансляции линейный адрес рассматривается, как совокупность трех полей: 10-битового индекса в каталоге страниц, 10-битового индекса в выбранной таблице страниц и 12-битового смещения в выбранной странице.

Старшие 10 бит линейного адреса образуют номер поля в каталоге страниц. Базовый адрес каталога хранится в одном из управляющих регистров

процессора, конкретно, в регистре CR3. Из-за того, что каталог сам представляет собой страницу и выровнен в памяти на границу 4 Кбайт, в регистре CR3 для

адресации к каталогу используются лишь старшие 20 бит, а младшие 12 бит, зарезервированы для будущих применений.

Поля каталога имеют размер 4 байт, поэтому индекс, извлеченный из линейного адреса, сдвигается влево на 2 бит (т.е. умножается на 4) и полученная величина складывается с базовым адресом каталога, образуя адрес конкретного поля каталога. Каждое поле каталога содержит физический базовый адрес одной из таблиц страниц, причем, поскольку таблицы страниц сами представляют собой страницы и выровнены в памяти на границу 4 Кбайт, в этом адресе, значащими являются только старшие 20 бит.

Далее из линейного адреса извлекается средняя часть (биты 12...21), сдвигается влево на 2 бит и складывается с базовым адресом, хранящимся в выбранном поле каталога. В результате образуется физический адрес страницы в памяти, в котором опять же используются только, старшие 20 бит. Этот адрес, рассматриваемый, как старшие 20 бит физического адреса адресуемой ячейки, носит название страничного кадра. Страничный кадр дополняется с правой стороны младшими 12 битами линейного адреса, которые проходят через страничный механизм без изменения и играют роль смещения внутри выбранной физической страницы.

Рассмотрим пример, позволяющий проследить цепочку преобразования виртуального адреса в физический. Пусть программа выполняет команду `mov EAX,DS:[EBX]` при этом содержимое DS (селектор) составляет 1167h, а содержимое EBX (смещение) 31678h, Старшие 13 бит селектора (число 1167h) образуют индекс дескриптора в системной дескрипторной таблице. Пусть в ячейке дескрипторной таблицы с номером 116h записан линейный адрес (базовый адрес сегмента) 01051000 h.

Тогда полный линейный адрес адресуемой ячейки определится, как сумма базового адреса и смещения:

Базовый адрес сегмента 01051000h.

Смещение 00031678 h

Полный линейный адрес 01082678h

При выключенной табличной трансляции величина 01082678h будет представлять собой абсолютный физический адрес ячейки, содержимое которой должно быть прочитано приведенной выше командой `mov`. Эта ячейка находится в самом начале 17-го мегабайта оперативной памяти.

Посмотрим, как будет образовываться физический адрес при использовании страничной трансляции адресов. Полученный линейный адрес надо разделить на три составляющие для выделения индексов и смещения

Индекс каталога - 0000 0001 00

Индекс таблицы - 00 1000 0010

Смещение страниц - 0110 0111 1000

31 22 21 12 11 0

Индекс каталога составляет 4h. Умножение его на 4 даст смещение от начала каталога. Это смещение равно 10h.

Индекс таблицы страниц оказался равным 82h. После умножения на 4 получаем смещение в таблице страниц, равное в данном случае 210h.

Предположим, что регистр CR3 содержит число 8000h. Тогда физический адрес ячейки в каталоге, откуда надо получить адрес закрепленной за данным участком программы таблицы страниц, составит $8000h + 10h = 8010h$. Пусть по этому адресу записано число 46021h. Его 12 младших битов составляют служебную информацию (в частности, бит 1 свидетельствует о присутствии этой таблицы страниц в памяти, а бит 5 говорит о том, что к этой таблице уже были обращения), а старшие биты, т.е. число 46000h, образуют физический базовый адрес таблицы страниц. Для получения адреса требуемой ячейки этой таблицы к базовому адресу надо прибавить смещение 210h. Результирующий адрес составит 46210h.

Будем считать, что по адресу 46210h. записано число 01FF502111. Отбросив служебные биты, получим адрес физической страницы в памяти 01FF5000h. Этот адрес всегда оканчивается тремя нулями, так как страницы выровнены в памяти на границу 4 Кбайт. Для получения физического адреса адресуемой ячейки следует заполнить 12 младших бит полученного адреса битами смещения из линейного адреса нашей ячейки, в которых в нашем примере записано число 678h. В итоге получаем физический адрес памяти 01FF5678h, расположенный в конце 32-го Мбайта

Контрольные вопросы:

1. Какие возможности позволяет полностью реализовать перевод микропроцессора в защищенный режим?
2. Что записывается в сегментные регистры в защищенном режиме?
3. Какова структура селектора?
4. Как формируется линейный адрес в защищенном режиме?
5. В каком случае линейный адрес в защищенном режиме равен физическому?

Самостоятельная работа № 7

Подготовить реферат. «Система прерываний микропроцессора I80x86».

Подготовить доклад «Системные регистры микропроцессора I80x86»