# Основы современных операционных систем

*Лекция 25*

***Сафонов Владимир Олегович***

Профессор кафедры информатики,

Заведующий лабораторией Java-технологии

мат-мех. факультета СПбГУ

Email: vosafonov@gmail.com

Сайт лаборатории: http://polyhimnie.math.spbu.ru/jtl

# Система Linux

- **История**
- **Принципы проектирования**
- **Модули ядра**
- **Управление процессами**
- **Планирование**
- **Управление памятью**
- **Файловые системы**
- **Ввод и вывод**
- **Взаимодействие процессов**
- **Структура сети**
- **Безопасность**

# История

- **Linux – современная, свободно распространяемая ОС, основанная на стандартах UNIX.**
- **1983: Ричард Столмен (Richard Stallman) начал проект GNU, а в 1985 г. основал Free Software Foundation. Основная цель – разработка UNIX-подобной системы, которая состояла бы только из свободно распространяемого программного обеспечения**
- **Впервые Linux разработана как небольшое, но самодостаточное ядро ОС в 1991 Линусом Торвальдсом (Linus Torvalds), с основной целью добиться совместимости с UNIX.**
- **История Linux – это история многолетнего (удаленного) взаимодействия пользователей всего мира, которое осуществляется почти исключительно через Интернет.**
- **Система была спроектирована с целью эффективного и надежного использования на распространенных персональных компьютерах, но она также используется и на многих других аппаратных платформах.**
- **Основная часть ОС Linux – полностью оригинальна, но на ней может также исполняться значительная часть свободно распространяемого программного обеспечения для UNIX, и в результате имеется оригинальная свободно распространяемая совместимая с UNIX система, в которой нет ведомственного (proprietary) кода.**

# Ядро Linux

- **Версия 0.01 (май 1991) не содержала сетевых средств, выполнялась только на 80386-совместимых Intel – процессорах, имела очень ограниченный набор драйверов устройств и поддерживала только файловую систему MINIX (MINIX – операционная система типа UNIX, разработанная Andrew Tannenbaum).**
- **Linux 1.0 (март 1994) включала следующие новые возможности:**
  - **Поддержку стандартных для UNIX сетевых протоколов TCP/IP**
  - **BSD-совместимый интерфейс сокетов для сетевого программирования**
  - **Поддержку драйверов устройств для использования IP в сетях типа Ethernet**
  - **Расширенную файловую систему**
  - **Поддержку большого диапазона SCSI – контроллеров для высокопроизводительного доступа к дискам**
- **Версия 1.2 (март 1995) была последней версией ядра Linux только для PC.**

# Linux 2.0

- **Выпущена в июне 1996, со следующими новыми возможностями:**
  - **Поддержкой нескольких аппаратных архитектур, включая полный 64-разрядный перенос на рабочие станции Digital Alpha (первые 64-разрядные рабочие станции в мире).**
  - **Поддержкой многопроцессорной архитектуры**
- **Другие новые возможности:**
  - **Улучшенный код для управления памятью**
  - **Улучшенная производительность TCP/IP**
  - **Поддержку внутренних потоков (threads) ядра ОС, для обработки зависимостей между загрузочными модулями, и для автоматической загрузки модулей по требованию.**
  - **Стандартизованный конфигурационный интерфейс**
- **Доступна на процессорах Motorola 68000, Sun SPARC, PC (x86) и PowerMac.**

# Система Linux

- **Linux использует многие инструменты, разработанные как части Berkeley BSD UNIX, системы X Window разработки MIT, а также проекта GNU некоммерческой ассоциации Free Software Foundation (FSF).**
- **Минимальный набор системных библиотек был разработан как часть проекта GNU, с улучшениями, разработанными сообществом Linux.**
- **Средства сетевого администрирования Linux были разработаны на основе 4.3 BSD UNIX; недавние производные от BSD (например, Free BSD), в свою очередь, заимствовали код из Linux.**
- **Система Linux поддерживается слабо связанной сетью разработчиков, взаимодействующих через Internet. Небольшое число публично доступных ftp-серверов используются как хранилища информации о де-факто стандартах.**

# Дистрибутивы Linux

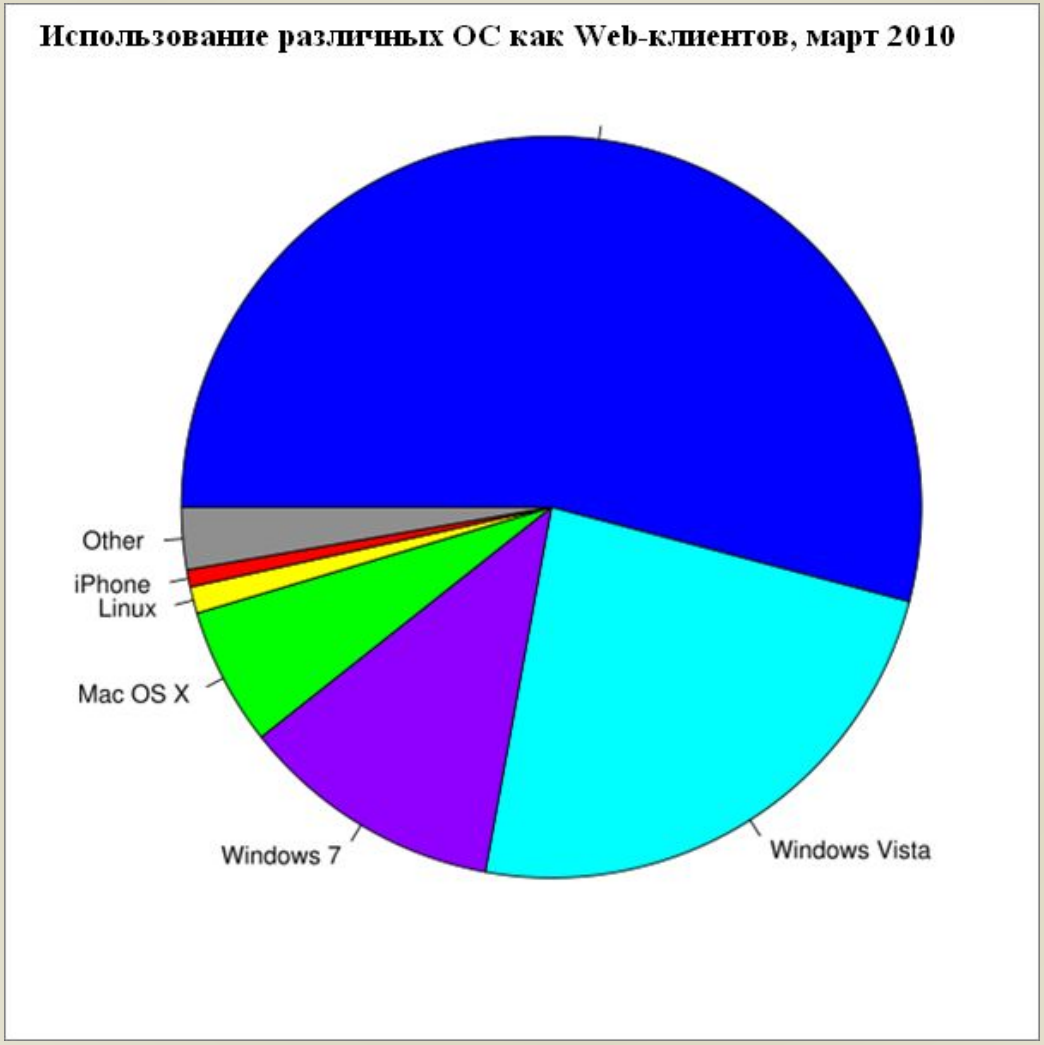
- **Стандартный предварительно откомпилированный набор пакетов, или *дистрибутивов*, включает базовую систему Linux, утилиты для инсталляции системы и управления системой, а также готовые к инсталляции пакеты инструментов для UNIX.**
- **Ранние дистрибутивы включали SLS и Slackware. *Red Hat* и *Debian* – популярные дистрибутивы, соответственно, основанный на коммерческих и некоммерческих исходных текстах.**
- **Единый формат файла пакета - RPM обеспечивает совместимость между различными дистрибутивами Linux**
- **Личный опыт: При частичных инсталляциях Linux в различных конфигурациях и последующих “доинсталляциях” до полной версии возможны проблемы: Инсталлятор путает фактический состав инсталлируемых пакетов (Linux Red Hat, 2003)**

# Лицензирование Linux

- **Ядро Linux распространяется на условиях GNU General Public License (GPL), которые установлены организацией Free Software Foundation.**

- **Программист, использующий Linux, либо создающий свои собственные системы на базе Linux, не имеет права превращать свой продукт в коммерческий (ведомственный); программное обеспечение, распространяемое на основе GPL, *не может распространяться только в виде двоичного кода* (т.е. в поставку Linux должен быть включен исходный код)**

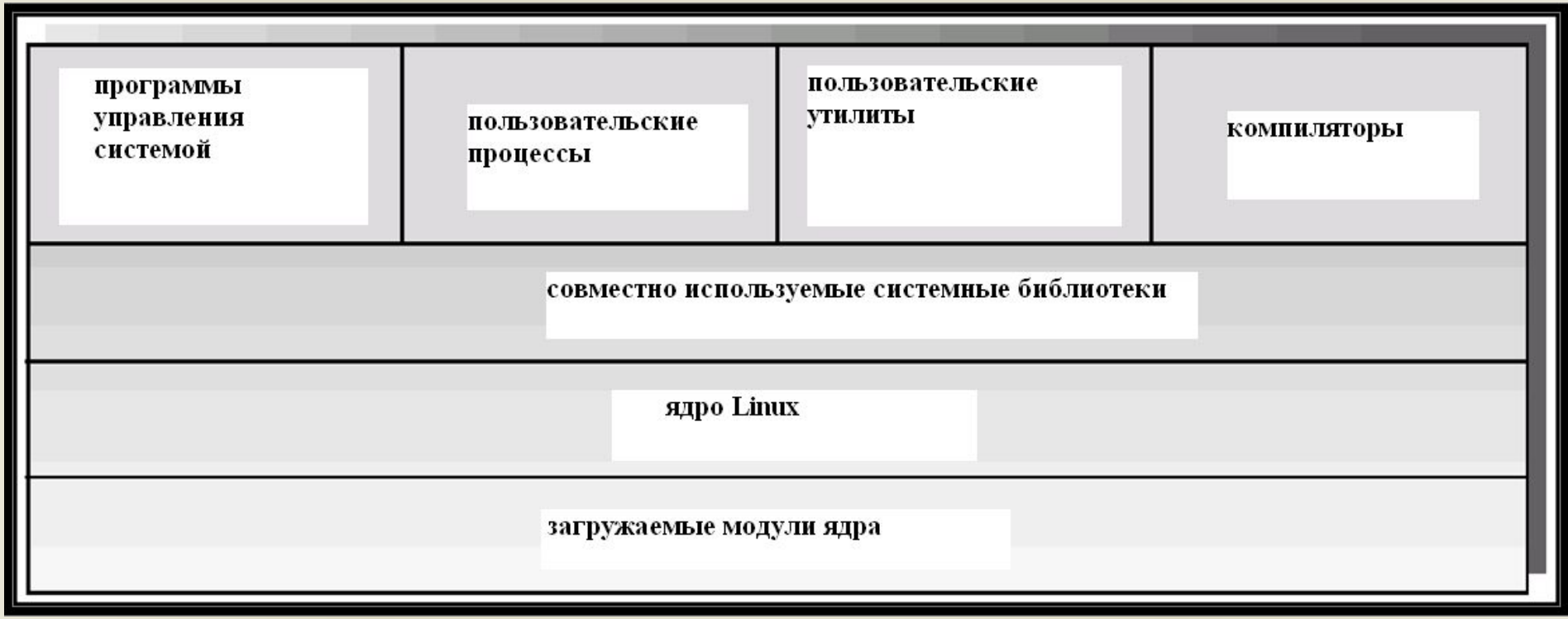
# Linux в основном используется как *серверная* ОС. Использование различных ОС как web-клиентов: март 2010



# Принципы проектирования

- **Linux – многопользовательская и многозадачная ОС с полным набором UNIX-совместимых инструментов.**
- **Ее файловая система соответствует традиционной семантике UNIX. Она полностью реализует стандартную сетевую модель UNIX.**
- **Основные цели проектирования Linux – скорость, эффективность и стандартизация.**
- **Linux разработан как система, совместимая со стандартами POSIX по крайней мере два дистрибутива Linux были официально сертифицированы как совместимые с POSIX.**
- **Программный интерфейс Linux соответствует семантике *SVR4 UNIX, но не BSD UNIX*.**

# Компоненты системы Linux



# Компоненты системы Linux (прод.)

- **Как большинство реализаций UNIX, Linux состоит из трех основных групп кода – ядро, системные библиотеки и системные утилиты; наиболее важно различие между ядром и всеми остальными компонентами.**
- **Ядро отвечает за поддержку основных концепций (абстракций) ОС.**
  - **Код ядра исполняется в *привилегированном режиме*, и ему полностью доступны все аппаратные ресурсы компьютера.**
  - **Весь код и структуры данных ядра хранятся и исполняются в едином адресном пространстве.**

# Компоненты системы Linux (прод.)

- **Системные библиотеки определяют стандартный набор функций, с помощью которого приложения взаимодействуют с ядром, и которые реализуют основную часть функциональности ОС, не требующую исполнения в привилегированном режиме.**

- **Системные утилиты выполняют индивидуальные специфические задачи.**

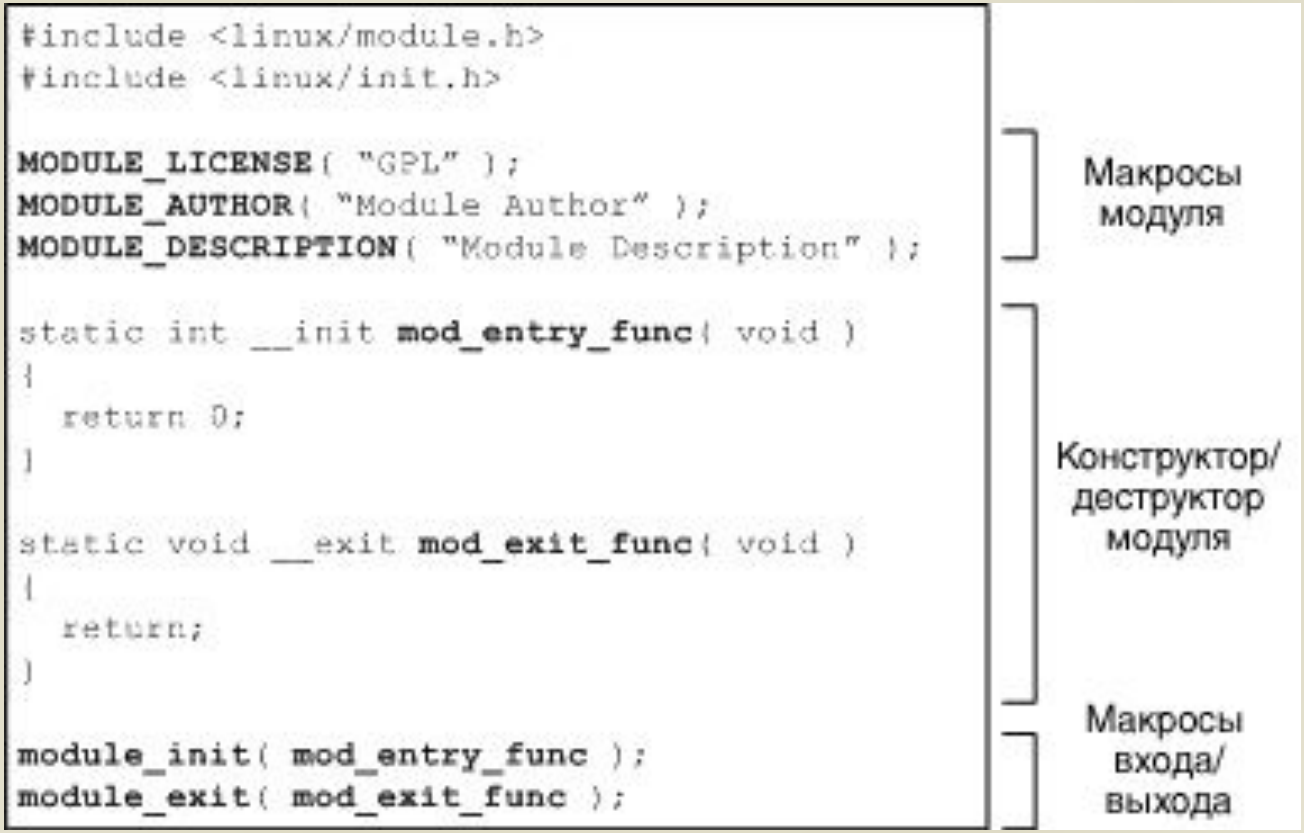
# Модули ядра

- Одним из важнейших новшеств в ядре Linux являются загружаемые модули ядра (loadable kernel modules, LKM), появившиеся в версии 1.2. Они обеспечивают ядру гибкость и функциональность
- Части (секции) кода ядра могут компилироваться, загружаться и выгружаться, независимо от остальной части ядра.
- Модуль ядра может реализовывать драйвер устройства, файловую систему или сетевой протокол.
- Модульный интерфейс позволяет третьим сторонам разрабатывать и распространять на своих собственных условиях драйверы или файловые системы, которые не могут распространяться на основе GPL.
- Модули ядра позволяют инсталлировать Linux в виде стандартного, минимального ядра, без использования каких-либо встроенных устройств.
- Три компоненты модуля Linux поддерживают:
  - Управление модулем
  - Регистрацию драйвера
  - Разрешение конфликтов

# Управление модулем

- **Управляет загрузкой модуля в память и его взаимодействием с остальной частью ядра.**
- **Управление модулем разбито на две части:**
  - **Управление частями кода модуля в памяти ядра**
  - **Управление символами, на которые модуль разрешает ссылаться**
- **Module requestor – управляет загрузкой запрошенных, но еще не загруженных модулей; он также регулярно опрашивает ядро, чтобы убедиться, что модуль до сих пор используется, и выгрузит его, если он долгое время активно не использовался.**

# Схема исходного кода загружаемого модуля Linux



# Регистрация драйверов

- **Предоставляет модулю возможность сообщить ядру, что новый драйвер доступен.**
- **Ядро поддерживает динамическую таблицу всех известных драйверов и обеспечивает набор подпрограмм для добавления драйверов в эти таблицы или удаления из них в любое время.**
- **Таблицы регистрации включают следующие элементы:**
  - **Драйверы устройств**
  - **Файловые системы**
  - **Сетевые протоколы**
  - **Двоичные форматы**

# Разрешение конфликтов

- **Механизм, который позволяет различным драйверам устройств резервировать аппаратные ресурсы и защищать эти ресурсы от случайного использования другими драйверами**

- **Цели модуля разрешения конфликтов:**
  - **Предотвратить конфликты, связанные с использованием аппаратуры**
  - **Предотвратить *автопроверки* (*autoprobes)* от пересечения с уже существующими драйверами устройств**
  - **Разрешить конфликты различных драйверов, пытающихся иметь доступ к одной и той же аппаратуре**

# Управление процессами в Linux

- **Средства управления процессами в UNIX разделяют создание процесса и запуск новой программы на две различные операции.**
  - **Системный вызов fork создает новый процесс.**
  - **Новая программа запускается с помощью вызова execve.**
- **В UNIX процесс содержит всю информацию, которую ОС должна поддерживать для реализации концепции отдельного исполнения отдельной программы.**
- **В Linux свойства процесса делятся на три группы: идентификация процесса, его окружение и контекст.**

# Идентификация процесса

- **Идентификатор процесса (PID). Уникальный идентификатор процесса (число); используется для указания процессов в операционной системе, когда приложение выполняет системный вызов signal, modify или wait для другого процесса.**
- **Полномочия (Credentials). Каждый процесс должен иметь связанный с ним идентификатор пользователя и один или более идентификаторов групп , определяющих права процесса для доступа к системным ресурсам и файлам.**
- **Идентификация личности (Personality). Нетрадиционно для систем типа UNIX, но в Linux каждый процесс имеет уникальный идентификатор личности, с помощью которого возможна некоторая модификация семантики ряда системных вызовов.**
  **Используется главным образом в библиотеках эмуляции, для запроса о совместимости системных вызовов с тем или иным специфическим диалектом UNIX.**

# Окружение процесса

- **Окружение процесса получается из процесса-родителя, состоит из двух векторов, завершающихся нулями:**
  - **Вектор аргументов содержит список аргументов командной строки, использованный при вызове исполняемой программы; традиционно начинается с имени самой программы**
  - **Вектор окружения – это список пар “NAME=VALUE”, которые связывают переменные окружения с заданными именами и их произвольные текстовые значения.**
- **Передача переменных окружения между процессами и наследование этих переменных дочерними процессами – гибкие средства передачи информации компонентам системного программного обеспечения, работающим в непривилегированном режиме.**
- **Механизм переменных окружения обеспечивает средства настройки ОС, которые могут устанавливаться для каждого процесса отдельно, а не путем конфигурирования системы в целом.**

# Контекст процесса

- **(Постоянно изменяющееся) состояние исполняемой программы в любой момент времени.**
- **Контекст планирования – наиболее важная часть контекста процесса; это информация, которую использует планировщик для приостановки и запуска процесса.**
- **Ядро поддерживает хранение статистической информации о ресурсах, потребляемых в каждый момент каждым процессом, и общем объеме ресурсов, использованным каждым процессом с момента его создания по настоящий момент.**
- **Таблица файлов – это вектор указателей на системные файловые структуры. При выполнении системных вызовов для ввода-вывода процессы ссылаются на эти структуры с помощью индексов в таблице файлов.**

# Контекст процесса (прод.)

- **В то время как таблица файлов содержит список открытых файлов, контекст файловой системы применяется для запросов об открытии новых файлов. Здесь хранятся ссылки на текущую корневую (root) директорию и рабочую (default) директорию для поиска файлов.**
- **Таблица обработчиков сигналов определяет подпрограммы в адресном пространстве процесса, которые должны быть вызваны при возникновении соответствующих сигналов.**
- **Контекст виртуальной памяти процесса определяет все содержимое его персонального адресного пространства.**

# Процессы и потоки

- **Linux использует одно и то же внутреннее представление для процессов и потоков; поток – это новый процесс, который использует общее адресное пространство с процессом-родителем.**
- **Различие проявляется только в случае, когда новый поток создается системным вызовом clone.**
  - **fork создает новый процесс со своим полностью новым контекстом**
  - **clone создает новый процесс со своим новым идентификатором личности, но такой, которому разрешено совместно использовать структуры данных со своим родителем**
- **Использование clone дает процессам возможность явного контроля над тем, какие ресурсы совместно используются потоками.**

# Планирование

- **Распределение операционной системой процессорного времени между различными задачами.**
- **В то время как обычно под планированием понимается запуск и приостановка процессов, в Linux планирование также включает выполнение различных задач ядра.**
- **Выполнение задач ядра включает как задания, запрошенные данным процессом, так и задания, исполняемые в процессе работы драйверов.**

# Синхронизация в ядре

- **Запрос на исполнение в режиме ядра может возникнуть в двух случаях:**
  - **Исполняемая программа может запросить сервис ОС, как явно с помощью системного вызова, так и неявно, например, при отказе страницы.**
  - **Драйвер устройства может сгенерировать аппаратное прерывание, в результате которого процессор начнет исполнять в режиме ядра обработчик данного прерывания.**
- **Синхронизация в ядре требует, чтобы критические секции ядра исполнялись без их прерывания другими критическими секциями.**

# Синхронизация в ядре (прод.)

- **Linux использует два метода для защиты критических секций:**

  1. **Обычный код ядра - не прерываемый**
     **– Если получено прерывание по времени, в момент, когда процесс исполняет подпрограмму системного сервиса ядра, флаг *need_resched* служит для указания того, чтобы запустился планировщик, когда завершится системный вызов и управление должно быть передано непривилегированному коду.**

  2. **Второй метод применяется к критическим секциям ядра, которые исполняются в сервисах обработки прерываний.**

     **– Используя аппаратуру процессора для управления прерываниями для отключения прерываний во время исполнения критической секции, ядро гарантирует, что оно может исполняться без риска одновременного обращения к общим структурам данных.**

# Синхронизация в ядре (прод.)

- **Во избежание потери производительности, ядро Linux использует архитектуру синхронизации, которая позволяет большим критическим секциям исполняться без необходимости отключения прерываний на все время исполнения критической секции.**
- **Службы обработки прерываний делятся на верхнюю половину (*top half*) и нижнюю половину (*bottom half*).**
  - **Верхняя половина – это обычная процедура обработки прерываний, исполняемая с отключением рекурсивных прерываний.**
  - **Нижняя половина исполняется при включенном режиме прерываний, с использованием мини-планировщика, который обеспечивает, чтобы нижние половины не прерывали друг друга.**
  - **Эта архитектура дополняется механизмом для выбора нижних половинок при исполнении обычного кода ядра.**

# Уровни защиты прерываний


- **Код каждого уровня может быть прерван кодом более высокого уровня, но никогда не будет прерван кодом того же или более низкого уровня.**
- **Пользовательский процесс может быть всегда прерван другим процессом, если происходит прерывание для планирования в режиме разделения времени.**

# Планирование процессов

- **Linux использует два алгоритма планирования процессов:**
  - **Алгоритм разделения времени для равноправного планирования с прерываниями между различными процессами**
  - **Алгоритм реального времени для случая, когда абсолютные приоритеты более важны, чем равноправность**
- **Класс планирования процесса определяет, какой именно алгоритм применить.**
- **Для процессов с разделением времени Linux использует алгоритм на основе доверия с приоритетами.**
  - **Правило (см. ниже) учитывает как историю процесса, так и его приоритет.**
  - **Эта система автоматически определяет приоритеты интерактивных процессов или исполняющих ввод-вывод.**

$$\text{credits} := \frac{\text{credits}}{2} + \text{priority}$$

# Планирование процессов (прод.)

- **Linux реализует классы планирования: FIFO и round-robin; в обоих случаях каждый процесс имеет приоритет, а не только определенный класс планирования.**
  - **Планировщик запускает процесс с наивысшим приоритетом; для процессов с одним и тем же приоритетом, он исполняет процесс, каторый дольше всего ждал**
  - **FIFO – процессы исполняются до их завершения или блокировки**
  - **round-robin – процесс будет прерван через некоторое время и помещен в конец очереди планирования, так что RR-процессы одинакового приоритета автоматически разделяют время между собой.**

# Поддержка симметричного мультипроцессирования (SMP)

- **Linux 2.0 была первым ядром Linux, поддерживающим SMP-оборудование; различные процессы или потоки могут исполняться параллельно на нескольких процессорах**
- **Для соблюдения требований ядра об исполнении без прерываний, SMP накладывает следующее ограничение: не более чем один процесс в каждый момент может исполнять код в режиме ядра.**

# Q & A

- **Вопросы и ответы**