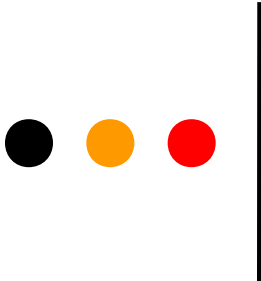




Операційні системи

Лекція 4

Керування процесами
і потоками



План лекції

- Мультипрограмування
- Означення процесу і потоку
- Моделі процесів і потоків
- Керування потоками, планування
- Опис процесів і потоків: блок керування, образ, дескриптор і контекст
- Стани потоків
- Опис процесів і потоків в UNIX, Linux, Windows



Мультипрограмування

- *Мультипрограмування*, або *багатозадачність* (*multitasking*) – спосіб організації обчислювального процесу, в якому на одному процесорі по чергові виконуються кілька програм
- Критерії ефективності обчислювальної системи:
 - *Перепускна спроможність* – кількість задач, яку здатна ефективно виконувати система в одиницю часу
 - *Зручність роботи користувачів* (насамперед, можливість одночасно інтерактивно працювати з низкою прикладних програм на одній машині)
 - *Реактивність системи* – здатність системи дотримувати наперед задані (короткі) інтервали між одержанням запиту і результатом його оброблення



Поняття процесу

- *Процес* — це абстракція, що описує програму, яка виконується в даний момент
 - Пов'язані терміни:
 - *Job* (*Завдання*) — характерно для систем пакетної обробки (*batch systems*)
 - *Task* (*Задача*) — характерно для систем розділення часу, звідки *Multitasking* (*Багатозадачність*)
 - *Process* — більш сучасний термін
- Складові частини процесу:
 - Послідовність виконуваних команд процесора
 - Вміст регістрів процесора, програмний лічильник (*контекст*)
 - Набір адрес пам'яті (*адресний простір*), у якому розташовані команди процесора і дані для них



Потоки і багатопотоковість

- *Потік* (*нитка*, *thread*) – набір послідовно виконуваних команд процесора
- Часто виникає потреба виконувати різні набори команд (різні завдання) в одному адресному просторі
 - Приклад: текстовий редактор — паралельно здійснює оброблення введення з клавіатури, відображення на екрані, вирівнювання по правому краю, перевірку орфографії тощо
- У *багатопотокових* (*multithreading*) системах процес – це сукупність одного або декількох потоків і захищеного адресного простору, у якому ці потоки виконуються
 - Кожний процес має власний адресний простір
 - Усі потоки одного процесу поділяють спільний адресний простір

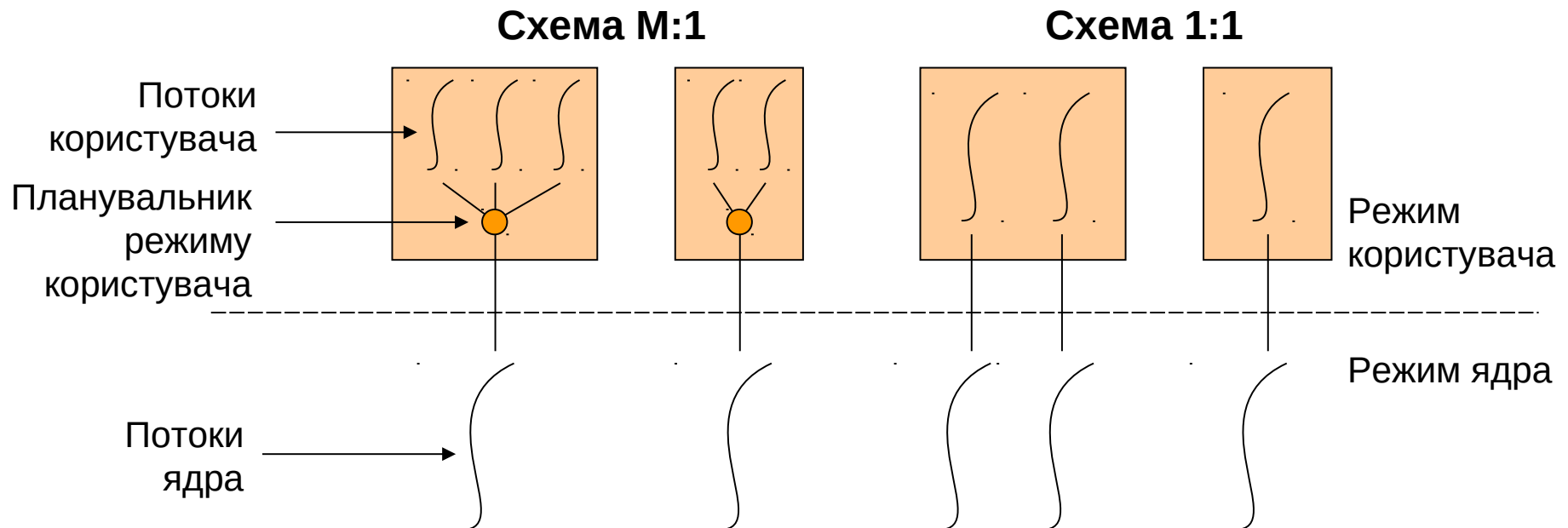


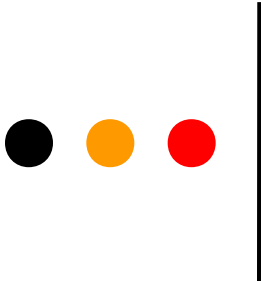
Моделі процесів і потоків

- Однозадачні системи – один адресний простір (один процес), у якому може виконуватись один потік
- Деякі сучасні вбудовані системи – один адресний простір (один процес), у якому можуть виконуватись кілька потоків
- Однопотокова *модель процесів* (традиційні системи UNIX) – багато процесів, але у кожному з них лише один потік
- Багатопотоковість, або *модель потоків* (більшість сучасних ОС) - багато процесів, у кожному з яких може бути багато потоків

Потоки ядра і потоки користувача

- Ядро ОС керує потоками ядра. Керування потоками користувача здійснюють спеціальні системні бібліотеки (підтримка *потоків POSIX*)
- Існують різні *схеми багатопотоковості*:





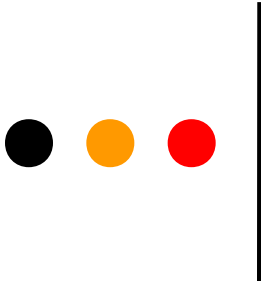
Переваги і недоліки багатопотоковості

+ (переваги)

- Реалізація різних видів *паралелізму* (*concurrency*) – багатопроцесорних обчислень, введення-виведення, взаємодії з користувачем, розподілених прикладних програм
- Масштабованість (особливо із зростанням кількості процесорів)
- Необхідно менше ресурсів, ніж для підтримки процесів
- Ефективний обмін даними через спільну пам'ять

– (недоліки)

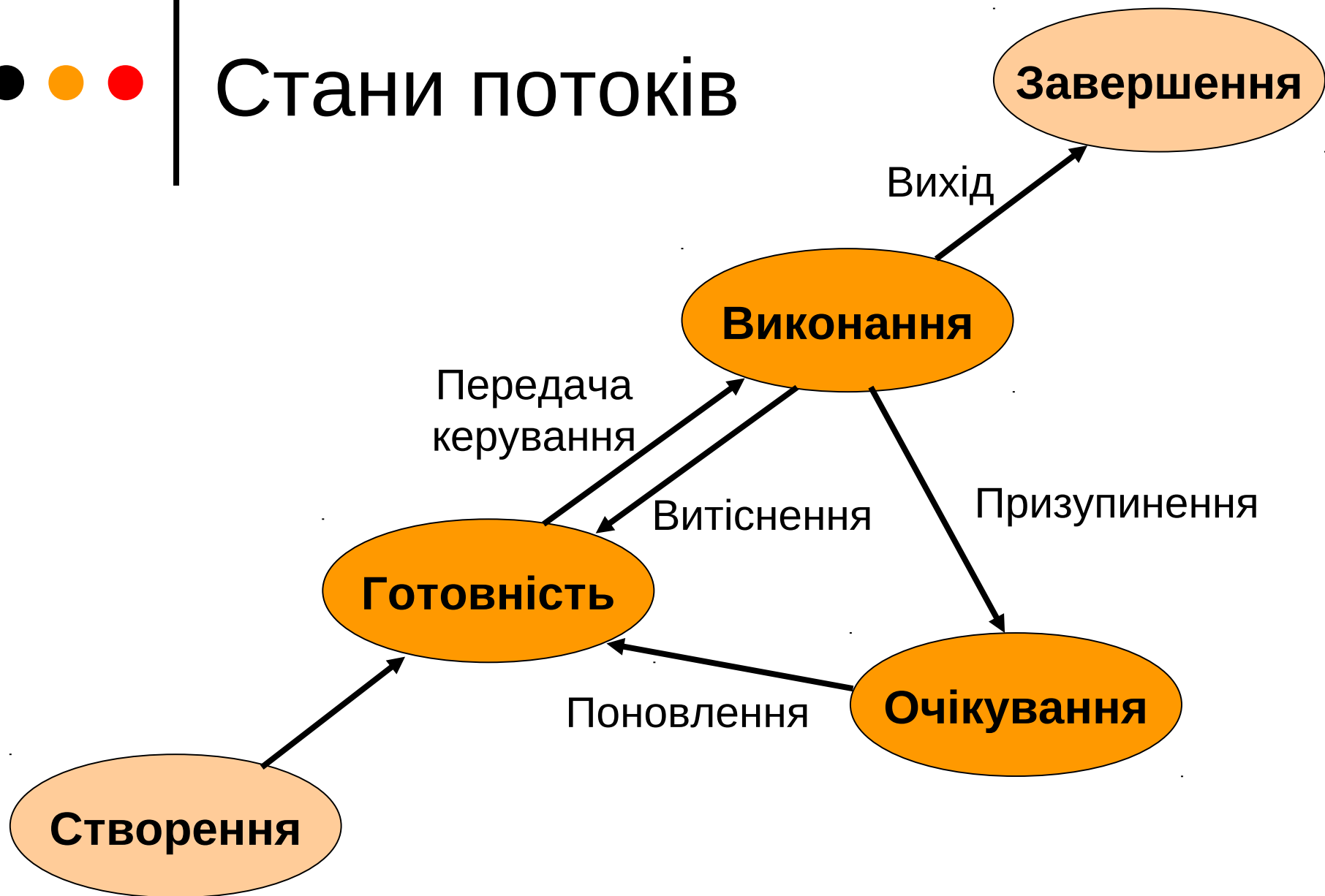
- Складність розроблення й налагодження багатопотокових прикладних програм
- Зниження надійності прикладних програм (можливі “гонки”, витоки пам'яті, втрата даних)
- Можливість зниження продуктивності прикладних програм



Завдання підсистеми керування процесами (потоками)

- Створення та знищення процесів і потоків
- *Планування* виконання процесів або потоків, тобто розподіл процесорного часу між ними
 - Визначення моменту часу для зміни потоку, що виконується
 - Вибір наступного потоку для виконання
 - Переключення контекстів
- Забезпечення процесів і потоків необхідними ресурсами
- Підтримання взаємодії між процесами

Стани потоків

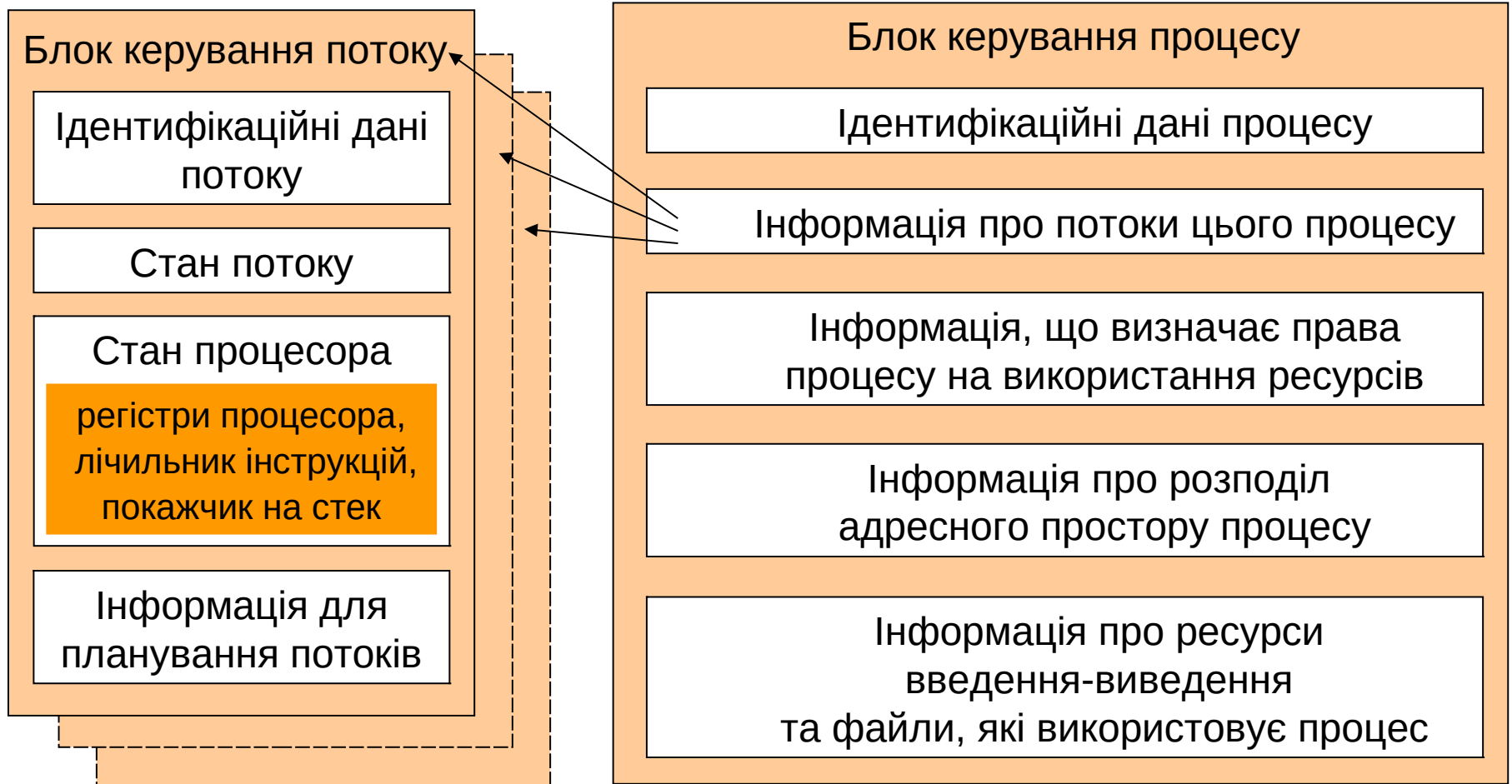




Опис процесів і потоків

- **Блок керування потоку** (*Thread Control Block, TCB*)
 - Ідентифікаційні дані потоку
 - Стан потоку (готовність, виконання, очікування тощо)
 - Стан процесора потоку (реєстри процесора, лічильник інструкцій, покажчик на стек)
 - Інформація для планування потоків (пріоритет тощо)
- **Блок керування процесу** (*Process Control Block, PCB*)
 - Ідентифікаційні дані процесу
 - Інформація про потоки цього процесу (наприклад, покажчики на їхні блоки керування)
 - Інформація, на основі якої можна визначити права процесу на використання ресурсів
 - Інформація про розподіл адресного простору процесу
 - Інформація про ресурси введення-виведення та файли, які використовує процес
- **Таблиця процесів** (*потоків*) – зв'язний список або масив відповідних блоків керування

Опис процесів і потоків





Приклади структур, що описують процеси

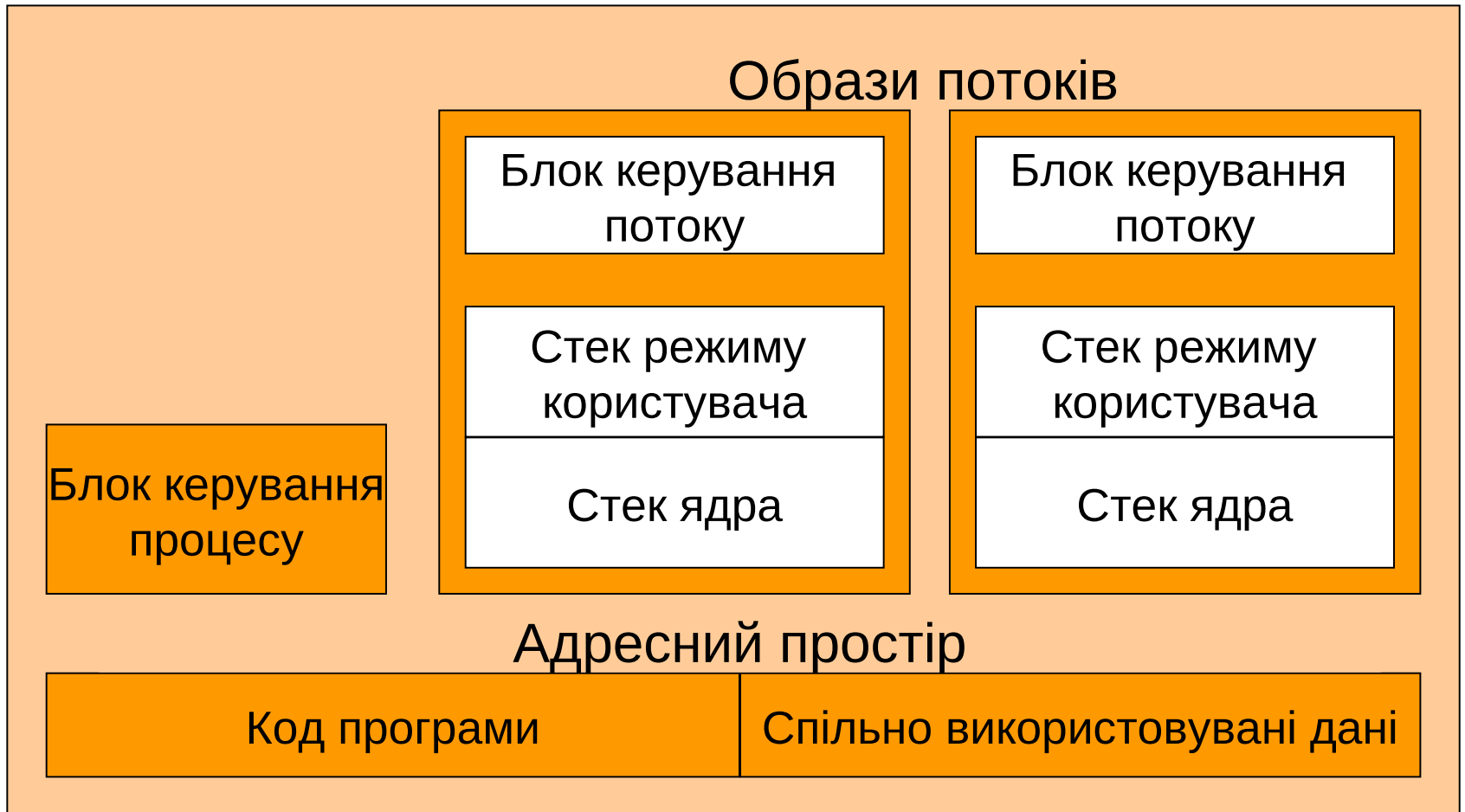
- OS/360 – Task Control Block, TCB
(Блок керування задачі)
- OS/2 – Process Control Block, PCB
(Блок керування процесу)
- UNIX – proc, дескриптор процесу
- Windows – object-process (об'єкт-процес)



Образи процесу і потоку

- Образ потоку
 - Блок керування потоку
 - Стек ядра
 - Стек користувача
- Образ процесу
 - Блок керування процесу
 - Програмний код користувача
 - Дані користувача
 - Інформація образів потоків процесу

Образ процесу





Дескриптор і контекст процесу (UNIX)

- *Дескриптор* – структура, що містить інформацію, необхідну для планування процесів. Ця інформація необхідна протягом усього часу життєвого циклу процесу
 - Ідентифікатор процесу
 - Стан процесу
 - Пріоритет процесу
 - Розміщення процесу в оперативній пам'яті і на диску
 - Ідентифікатор користувача, що створив процес
- *Контекст* – структура, що містить інформацію, необхідну для відновлення виконання процесу (менш оперативна, але більш об'ємна частина інформації, ніж у дескрипторі)
 - Стан реєстрів процесора
 - Коди помилок виконаних системних викликів
 - Інформація про відкриті файли і незавершені операції введення-виведення
- Таблиця процесів – список дескрипторів
- Контекст зв'язаний з образом процесу і переміщується разом з ним (наприклад, може бути витісненим з оперативної пам'яті на диск)

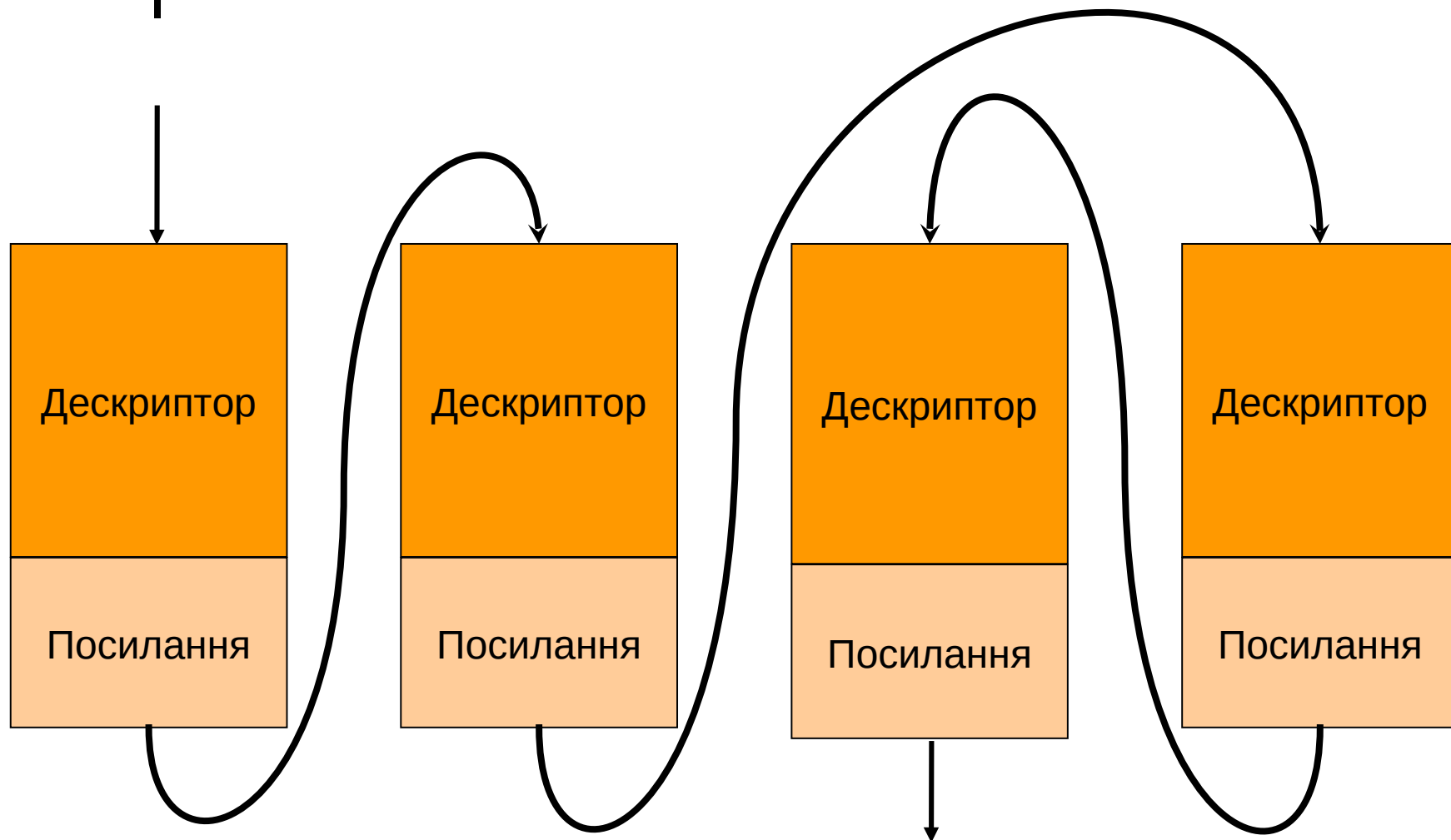


Створення процесів

- Необхідні дії
 - Створити інформаційні структури, що описують процес (Блок керування: дескриптор, контекст)
 - Виділити оперативну пам'ять
 - Завантажити кодовий сегмент процесу в оперативну пам'ять
 - Поставити дескриптор процесу у чергу готових процесів
- Створення у два етапи (POSIX)
 - `fork()` – створює точну копію поточного процесу
 - `exec()` – заміняє код поточного процесу на код іншого
- Створення в один етап (Windows) – `CreateProcess()` (це не системний виклик, а бібліотечна функція)
- Копіювання під час запису
 - Під час виклику `fork()` дані з пам'яті предка у пам'ять нащадка не копіюють, а натомість відображають адресний простір і помічають області пам'яті як захищені від запису
 - У разі спроби запису виділяють пам'ять і здійснюють копіювання



Черги процесів (потоків)





Керування процесами в UNIX/Linux

- Образ процесу містить:
 - Блок керування
 - Код програми
 - Стек процесу
 - Глобальні дані
- Ідентифікатор процесу PID – унікальний
- Підтримується зв'язок предок-нащадок
 - Ідентифікатор процесу-предка PPID вказують під час створення
 - Якщо предок завершує роботу, то PPID:=1 (процес `init`)
- Створення процесу: `fork()`, `exec()` (Linux – `execve()`)



Керування процесами в UNIX/Linux

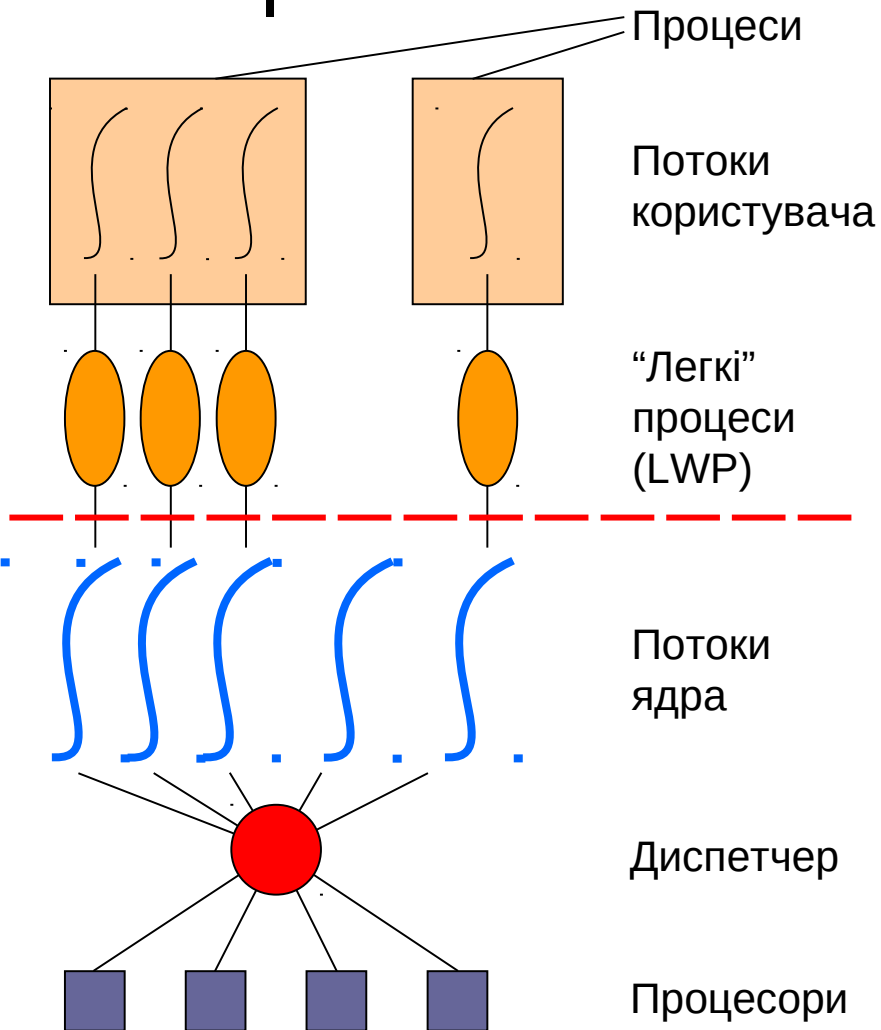
- Блок керування в Linux – структура `task_struct`, містить в собі і дескриптор, і контекст
 - В ядрі до версії 2.4 блоки керування зберігались у масиві максимального розміру 4 кБ (“таблиця процесів системи”)
 - В ядрі версії 2.4 і вище – дві динамічні структури без обмеження довжини
 - Хеш-таблиця (дає змогу швидко знаходити процес за його PID)
 - Кільцевий двозв’язний список, що забезпечує виконання дій у циклі для усіх процесів системи
- У UNIX SVR4 і BSD блок керування складається з двох структур
 - `proc` – дескриптор (утворюють таблицю процесів)
 - `user` (`u`) – контекст (пов’язаний з процесом)



Багатопотоковість у Linux

- Традиційна реалізація: бібліотека **LinuxThreads**
 - Потоки – це процеси, що користуються спільними структурами даних, але мають окремі стеки
 - Створення потоку: системний виклик **clone()**
 - Недоліки:
 - Створення потоку збільшує кількість процесів у системі
 - Кожний потік має власний PID (це суперечить POSIX)
 - Існує зв'язок предок-нащадок (чого не повинно бути)
 - Кожне багатопотокове застосування обов'язково створює додатковий потік-менеджер
- Нова реалізація: **NPTL (Native POSIX Threads Library)**, що спирається на нові функціональні можливості ядра
 - Як процес у системі реєструють лише перший потік застосування
 - Усі потоки процесу повертають один і той самий PID
 - Зв'язок предок-нащадок між потоками не підтримується
 - Потік-менеджер не потрібен
 - Зняті обмеження на кількість потоків у системі
- У більшості UNIX-систем, на відміну від Linux, реалізована повна підтримка **POSIX Threads**

Багатопотоковість у Solaris



- Модель багатопотоковості – 1:1 (починаючи з Solaris 8)
- Кожен потік користувача відповідає одному окремому потоку ядра (**Kernel Thread, kthread**)
- Фактично планування здійснюється для потоків ядра – це найголовніша відмінність від традиційної системи UNIX
- Кожен потік ядра в процесі повинен мати власний “легкий” процес (**Lightweight process, LWP**) – віртуальне середовище виконання, що має власний стек



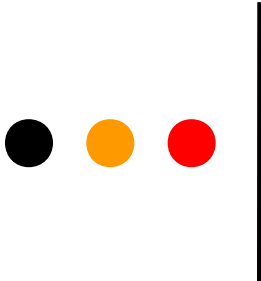
Керування процесами у Windows

- Адресний простір процесу складається з набору адрес віртуальної пам'яті, які цей процес може використовувати
 - Адреси можуть бути пов'язані з оперативною пам'яттю, а можуть – з відображеними у пам'ять ресурсами
 - Адресний простір процесу недоступний іншим процесам
- Процес володіє системними ресурсами, такими як файли, мережні з'єднання, пристрої введення-виведення, об'єкти синхронізації
- Процес не має прямого доступу до процесора
- Процес містить стартову інформацію для потоків, які у ньому створюються
- Процес обов'язково має містити хоча б один потік



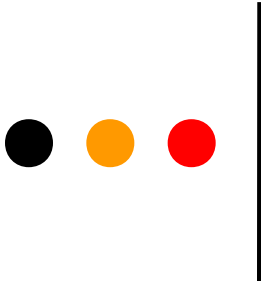
Керування потоками у Windows

- Елементи потоку:
 - Вміст набору реєстрів, який визначає стан процесора
 - Два стеки (для режиму ядра і режиму користувача), що розміщені в адресному просторі процесу
 - Локальна пам'ять потоку (TLS)
 - Унікальний ідентифікатор потоку TID
- Розрізняють потоки ядра і потоки користувача



Структури даних процесу у Windows

- Доступні лише у привілейованому режимі:
 - Для виконавчої системи – *об'єкт-процес виконавчої системи* (*Executive Process Block, EPROCESS*)
 - *KPROCESS*
 - Ідентифікаційна інформація (*PID, PPID*, ім'я файлу)
 - Інформація про адресний простір процесу
 - Інформація про ресурси, доступні процесу
 - *PEB*
 - Інформація для підсистеми безпеки
 - Для ядра – *об'єкт-процес ядра* (*Kernel Process Block, KPROCESS*)
 - Показчик на ланцюжок блоків потоків ядра
 - Інформація, необхідна ядру для планування
- Доступна у режимі користувача:
 - *Блок оточення процесу* (*Process Environment Block, PEB*)
 - Початкова адреса ділянки пам'яті, куди завантажився програмний файл
 - Показчик на динамічну ділянку пам'яті, що доступна процесу



Структури даних потоку у Windows

- Доступні лише у привілейованому режимі:
 - Для виконавчої системи – **об'єкт-потік виконавчої системи** (*Executive Tread Block, ETHREAD*)
 - *KTHREAD*
 - Ідентифікаційна інформація (*PID*, покажчик на *EPROCESS*)
 - Стартова адреса потоку
 - Інформація для підсистеми безпеки
 - Для ядра – **об'єкт-потік ядра** (*Kernel Thread Block, KTHREAD*)
 - Покажчик на стек режиму ядра
 - Покажчик на *TEB*
 - Інформація, необхідна ядру для планування
 - Інформація, необхідна для синхронізації потоку
- Доступна у режимі користувача:
 - **Блок оточення потоку** (*Thread Environment Block, TEB*)
 - Ідентифікатор потоку *TID*
 - Покажчик на стек режиму користувача
 - Покажчик на *PEB*
 - Покажчик на локальну пам'ять потоку

Структури даних процесів і потоків у Windows

Доступні з режиму користувача

PEB

- Початкова адреса ділянки пам'яті, куди завантажився програмний файл
- Показчик на динамічну ділянку пам'яті, що доступна процесу

TEB

- Ідентифікатор потоку TID
- Показчик на стек режиму користувача
- Показчик на **PEB**
- Показчик на локальну пам'ять потоку

Доступні лише з режиму ядра

EPROCESS

- **KPROCESS**
- Ідентифікаційна інформація (PID, PPID, ім'я файлу)
- Інформація про адресний простір процесу
- Інформація про ресурси, доступні процесу
- **PEB**
- Інформація для підсистеми безпеки

ETHREAD

- **KTHREAD**
- Ідентифікаційна інформація (PID, показчик на **EPROCESS**)
- Стартова адреса потоку
- Інформація для підсистеми безпеки

KPROCESS

- Показчик на ланцюжок блоків потоків ядра
- Інформація, необхідна ядру для планування

KTHREAD

- Показчик на стек режиму ядра
- Показчик на **TEB**
- Інформація, необхідна ядру для планування
- Інформація, необхідна для синхронізації потоку