2 – Processi e Thread

Sommario

- Processi
  - modello
  - operazioni: creazione, chiusura
  - gerarchie
  - stati, ciclo di vita
  - transizioni di stato
  - descrittore di processo Process Control Block (PCB)
  - sospensione, ripresa, cambio di contesto
  - Interrupt
  - comunicazione tra processi: segnali e messaggi
- Thread
  - modello e uso
- Scheduling
  - Obbiettivi
  - Scheduling di processi: algoritmi
  - Vari tipi di sistemi
  - Scheduling di thread

Obbiettivi

- Motivazioni per creare i **thread**
- le somiglianze e le differenze tra i processi e thread
- i diversi livelli di supporto per i thread
- il ciclo di vita di un thread
- segnalazione e cancellazione di thread
- le basi di thread Linux e Windows

Motivazioni per l'uso dei thread

Fattori che hanno influito sullo sviluppo dei threads

–Progetto Software

- Modularità parallelismo
- Esprimere in modo più naturale attività intrinsecamente parallele
- Concorrenza
- Alcune attività si sospendono temporaneamente

–Prestazioni

- Si adatta meglio ai sistemi multiprocessore
- Il thread è più leggero del processo, più veloce da gestire
- Migliore sfruttamento se i thread sono I/O bound (non CPU bound)

–Cooperazione

- condivisione dello spazio degli indirizzi e dei dati riduzione dell'overhad dovuto alla IPC

Definizione di Thread

- Thread
  - Processo *lightweight* (LWP)
  - Threads □ flusso di istruzioni o flusso di controllo
  - condividono con il proprio processo lo spazio di indirizzamento, file aperti e altre informazioni globali
  - Registri, stack, maschere dei segnali e altri dati specifici del thread (TSD *Thread Specific Data*) sono locali per ogni thread

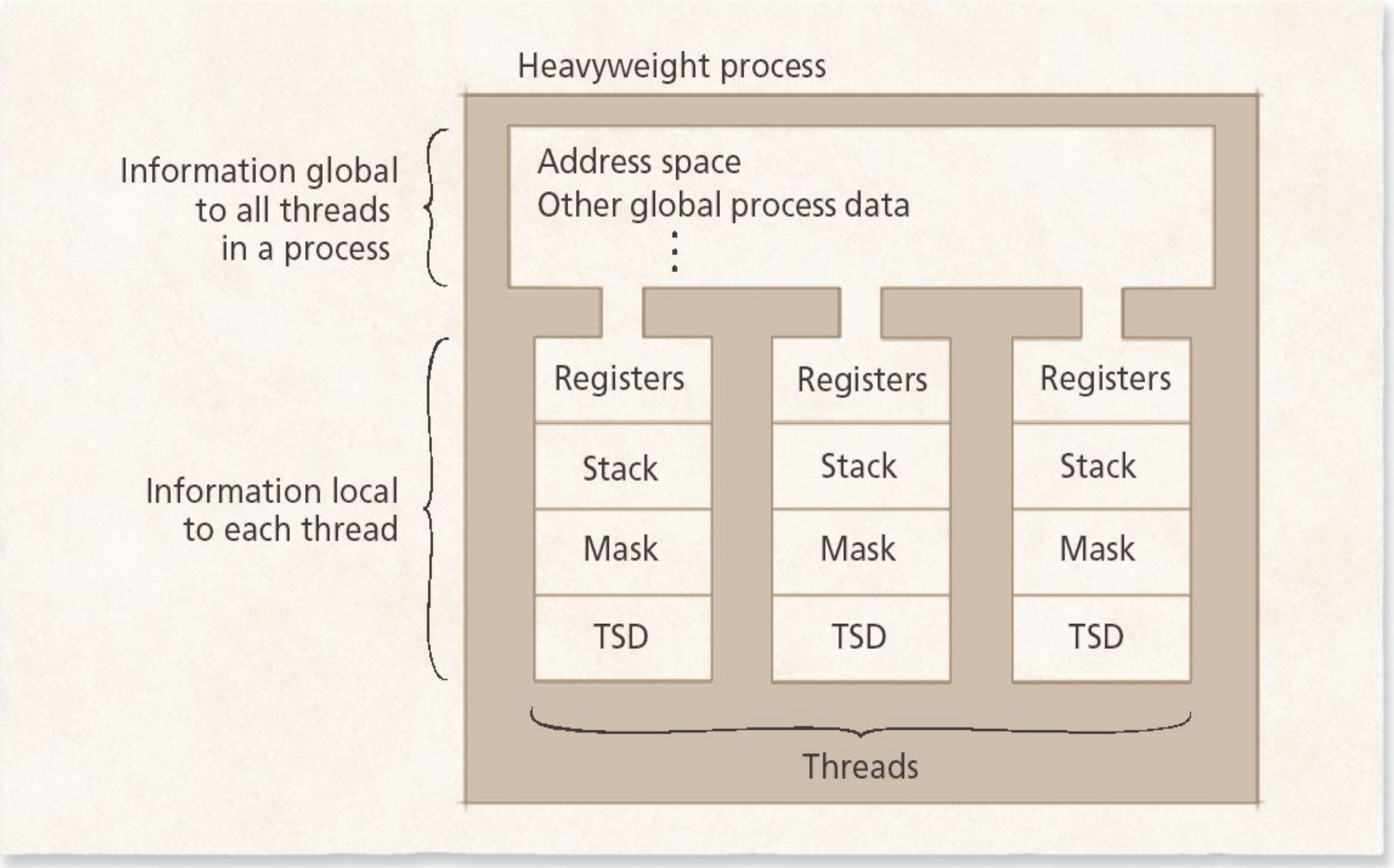
- I threads possono essere gestiti
  - dal S.O.
  - o da un'applicazione utente

Esempi:

Win32 threads – sistemi Windows a 32 bit
C-threads – libreria microkernel Mach, anche su Solaris, Windows NT
Pthreads – specifica POSIX portabile su vari S.O.

Definizione di Thread

Relazione fra Thread e Processo



© Deitel & Ass. Inc.

Motivazioni ai thread

- Ogni thread si sposta fra una serie di stati discreti
- Thread e processi hanno molte operazioni in comune

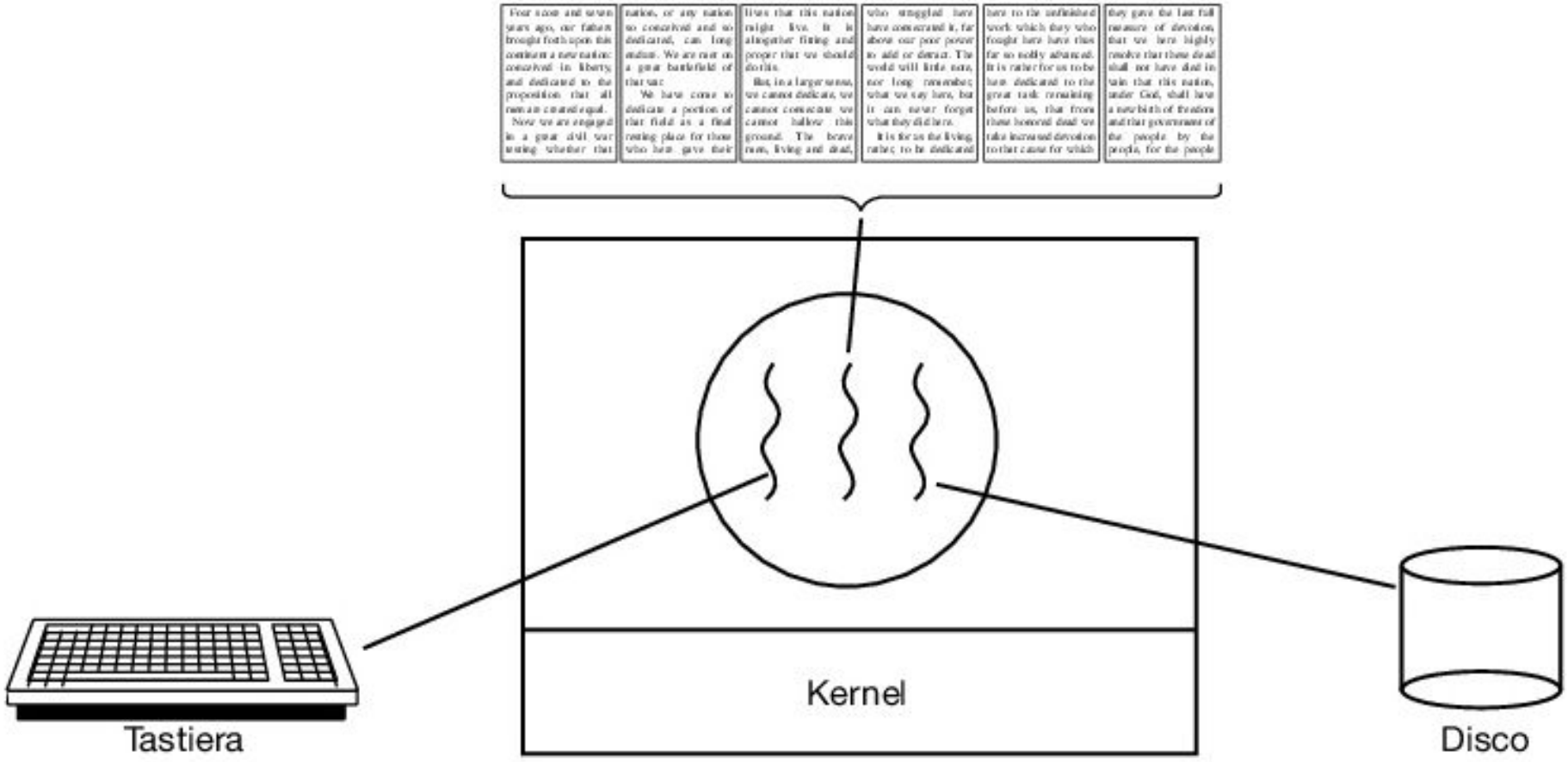
  (es.: creazione, terminazione, ripresa e sospensione)

- La creazione di thread non richiede al S.O. di inizializzare le risorse condivise tra i processi padri e i suoi thread
- **Riduce l'overhead** di creazione e terminazione dei thread rispetto alla creazione e terminazione di un processo

Esempi di utilizzo di thread:
Server (es. web server)
Word processors

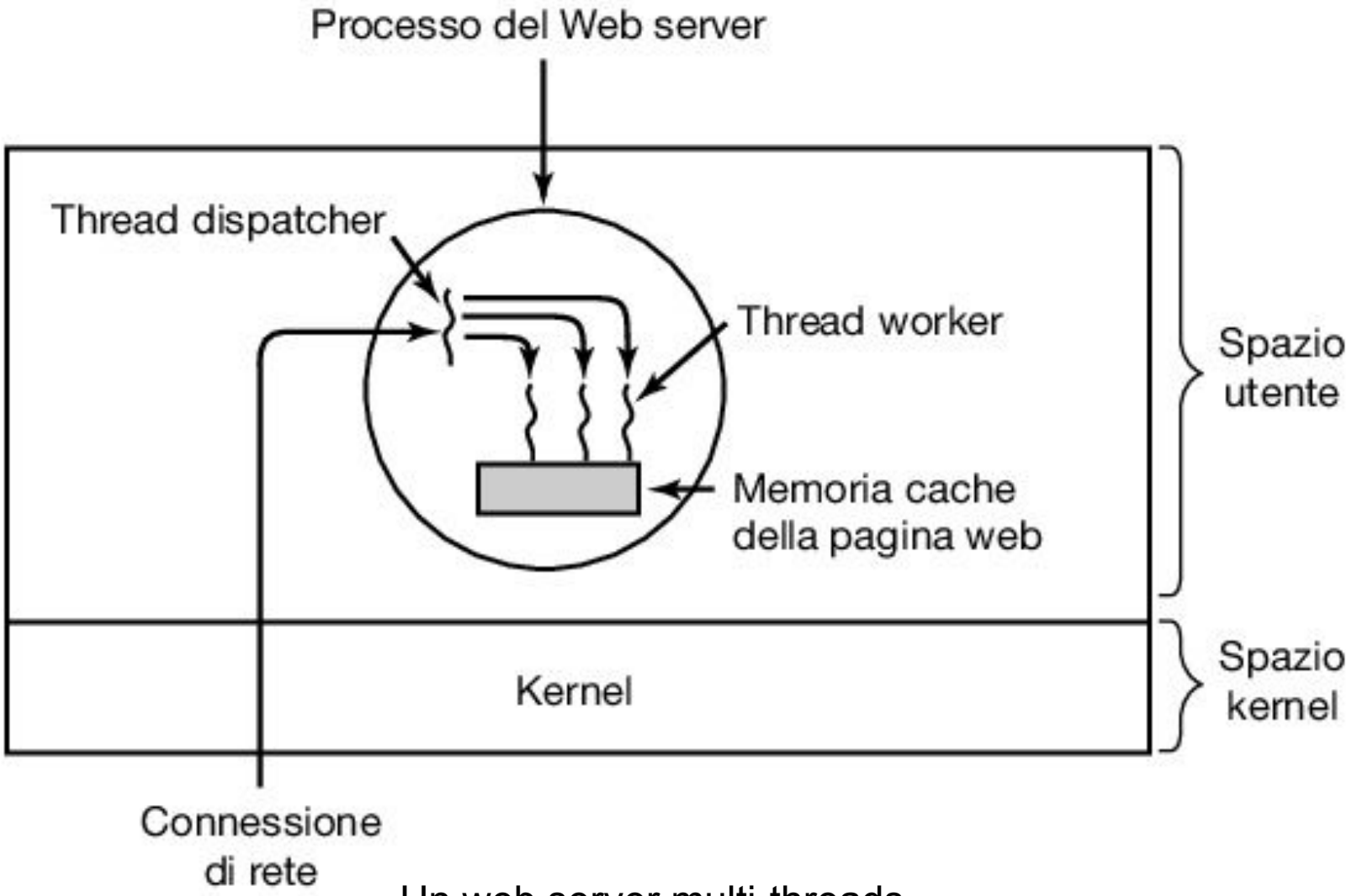
© Deitel & Ass. Inc.

Uso di Thread - Esempio 1



Un word processor con tre threads

Uso di Thread - Esempio 2



Un web server multi-threads

Uso di Thread - Esempio 2

```
while (TRUE) {
        get next request(&buf);
        handoff work(&buf);
}
```

(a)

```
while (TRUE) {
wait for work(&buf);
        look for page in cache(&buf, &page);
        if (page not in cache(&page))
                read page from disk(&buf, &page);
        return page(&page);
}
```

(b)

Un web server multi-thread: schema del codice

(a)Thread dispatcher (b) Thread worker

Multiprogrammazione

Incremento delle prestazioni

Differenze fra thread e processi

Un **processo** contiene e raggruppa risorse in relazione fra loro

- spazio di indirizzamento con testo/dati/pila
- altre risorse
- file
- processi figli
- stato e segnali
- account
- …

Un **thread** è esecuzione di un programma

- è schedulato per essere eseguito sul processore
- Program Counter
- registri per le variabili
- stack per chiamate di procedura
- **condivide** lo spazio di indirizzamento e altre risorse con gli altri thread dello stesso processo

Multithreading

- in un processore: parallelismo virtuale dei thread

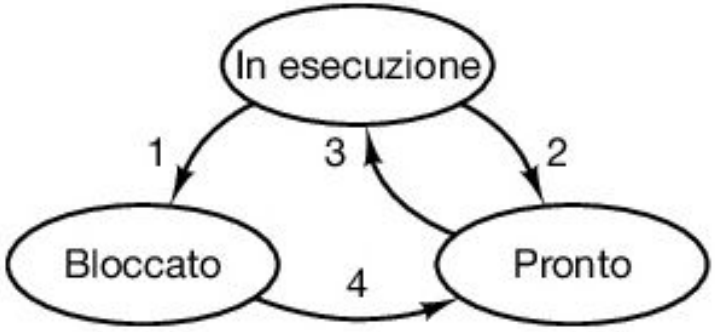
Modello Thread

Elementi per processo	Elementi per thread
Spazio degli indirizzi	Contatore di programma
Variabili globali	Registri
File aperti	Stack
Processi figli	Stato
Allarmi in sospeso	
Segnali e gestori dei segnali	
Informazioni relative agli account	

Elementi condivisi da tutti i thread in un processo - Elementi privati ad ogni thread

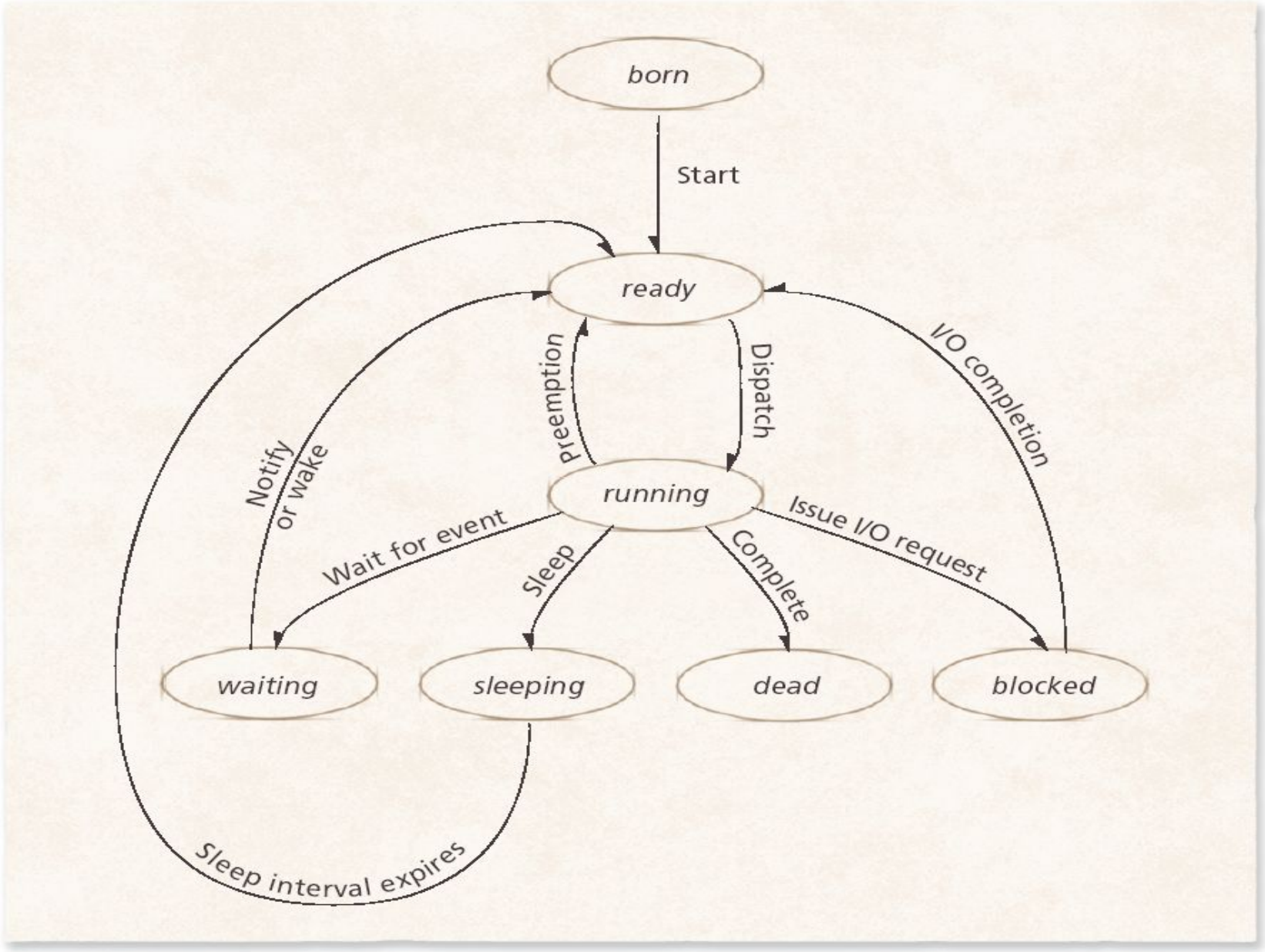
Stati di un thread: ciclo di vita

- Stati del thread
  analoghi agli stati del processo



- Più in dettaglio possiamo distinguere gli stati
  - *Born*
  - *Ready* (stato *pronto*)
  - *Running* (stato *in esecuzione*)
  - *Dead*
  - *Blocked* (stato *bloccato da un evento di I/O*)
  - *Waiting* (stato *bloccato da un evento di un altro thread*)
  - *Sleeping* (stato *bloccato per un tempo prefissato*)
    - L'intervallo di *sleep* specifica per quanto tempo un thread rimarrà in tale stato

Stati del Thread: ciclo di vita



© Deitel & Ass. Inc.

Operazioni sui Thread

- Threads e processi hanno delle operazioni in comune
  - Creazione
  - Exit (terminazione)
  - Sospensione
  - Recupero (*resume)*
  - Sleep
  - Risveglio

Operazioni sui Thread

- Le operazioni sui Thread non corrispondono esattamente alla operazioni sui processi
  - Cancellazione
    - Indica che un thread dovrebbe essere terminato, ma non è garantito che lo sarà
    - I thread possono disabilitare o mascherare i segnali di cancellazione (eccetto la *abort*)
  - Join
    - Se esiste un thread primario quando termina allora termina anche il processo
    - Il thread primario può dover aspettare che tutti gli altri thread siano terminati In tal caso ha fatto una *join* con i thread creati da lui
    - Se un thread A fa una *join* con il thread B, allora A non va in esecuzione finché B non ha terminato

Standard POSIX

- Standard IEEE (IEEE 1003.1.c)
- Obbiettivo: portabilità

- Package di thread **Pthread**
- Usato dalla prevalenza dei sistemi Unix
- Include oltre 60 chiamate di sistema

- I thread hanno
  - un identificatore
  - un insieme di registri (PC,…)
  - un insieme di attributi (parametri di scheduling, di stack,..)

Standard POSIX

Chiamata	Descrizione
Pthread_create	Crea un nuovo thread
Pthread_exit	Termina il thread chiamante
Pthread_join	Attende che un thread specifico esca
Pthread_yield	Rilascia la CPU perché venga eseguito un altro thread
Pthread_attr_init	Crea e inizializza la struttura attributi di un thread
Pthread_attr_destroy	Rimuove la struttura attributi di un thread

Alcune chiamate di Pthread

Modelli di thread

- Tre modelli di threading
  - Threads a livello di utente
  - Threads a livello di kernel
  - Combinazione (ibridi) di threads a livello di utente e a livello kernel

Thread a livello utente

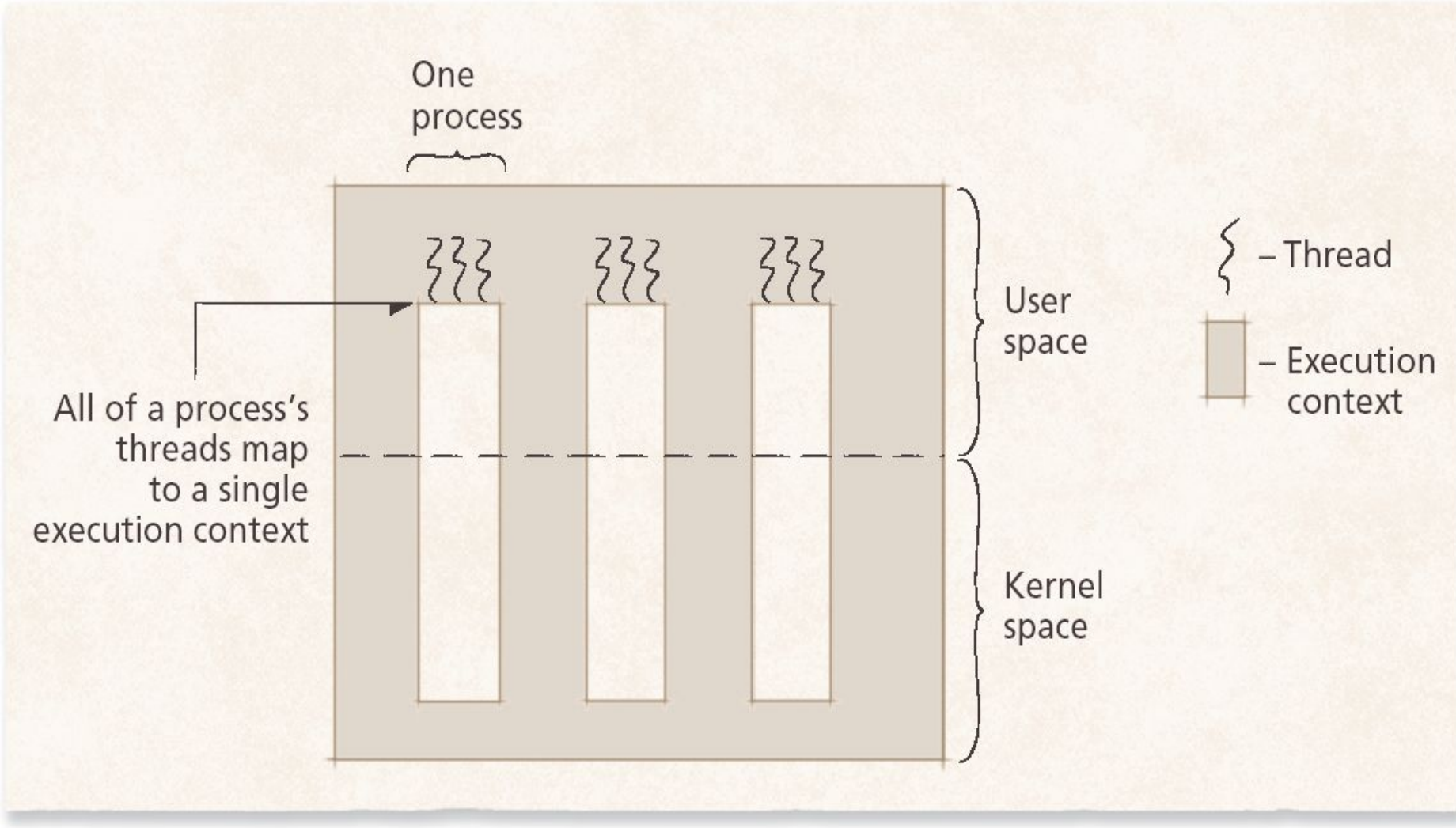
- Threads a livello utente eseguono operazioni di threading nello spazio utente
  - Threads sono creati da librerie a tempo di esecuzione che non possono eseguire istruzioni privilegiate o accedere direttamente al nucleo

- Implementazione dei thread a livello utente
  - Mapping di thread **molti-a-uno**
    - S.O. associa tutti i threads di un processo multithread ad un unico contesto di esecuzione

    - Vantaggi
      - le librerie di livello utente possono schedulare thread per ottimizzare le prestazioni
      - La sincronizzazione avviene al di fuori del kernel, evitando il cambio di contesto
      - Permette i thread (da utente) dove il s.o. non supporta i thread (interni)
      - Portabilità

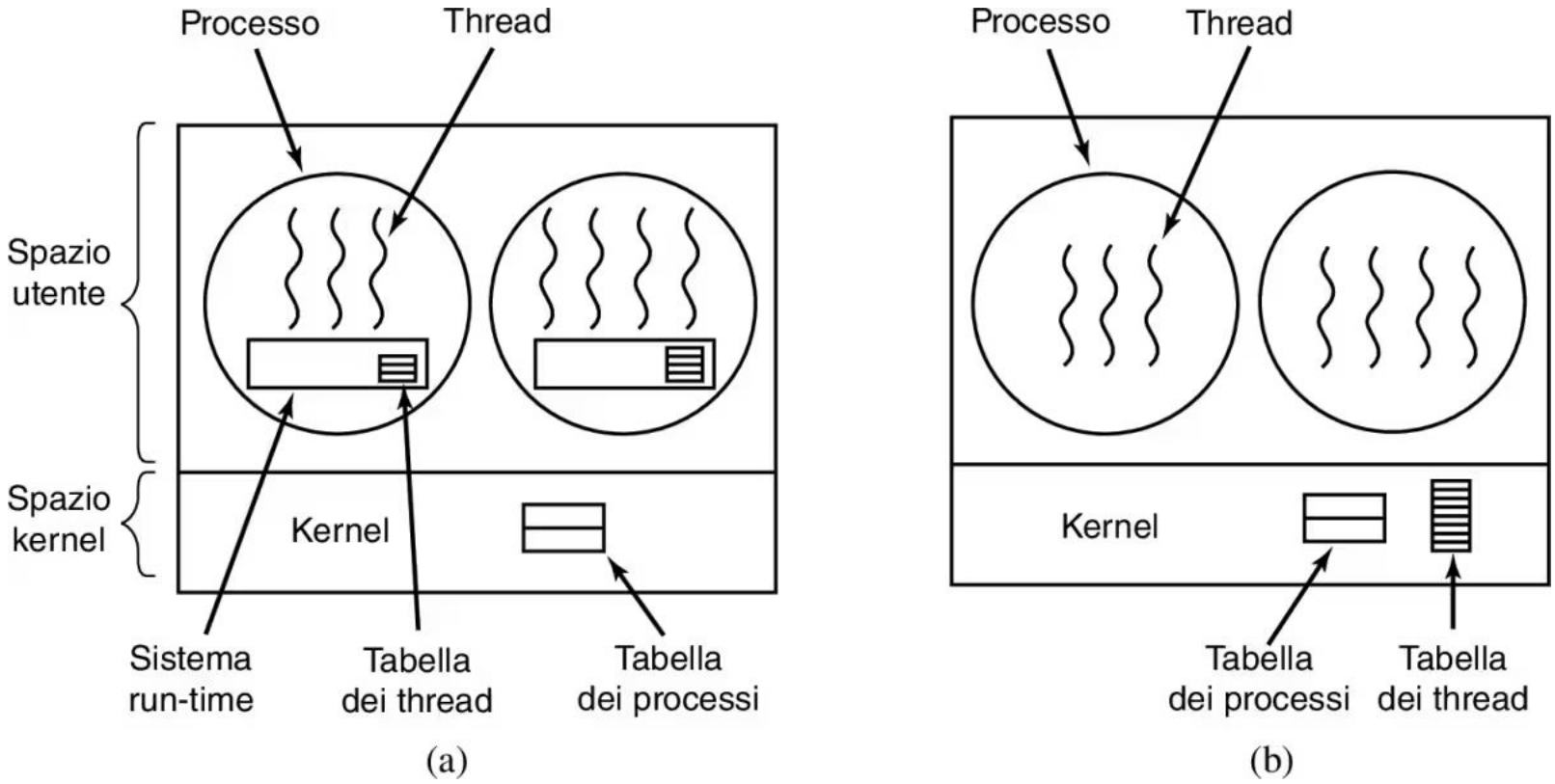
    - Svantaggi
      - Il nucleo vede un processo multithread come un singolo thread di controllo
      - Può portare a prestazioni non ottimali se un thread ha problemi di I/O
      - Non può essere schedulato su più processori in una sola volta

Thread a livello utente



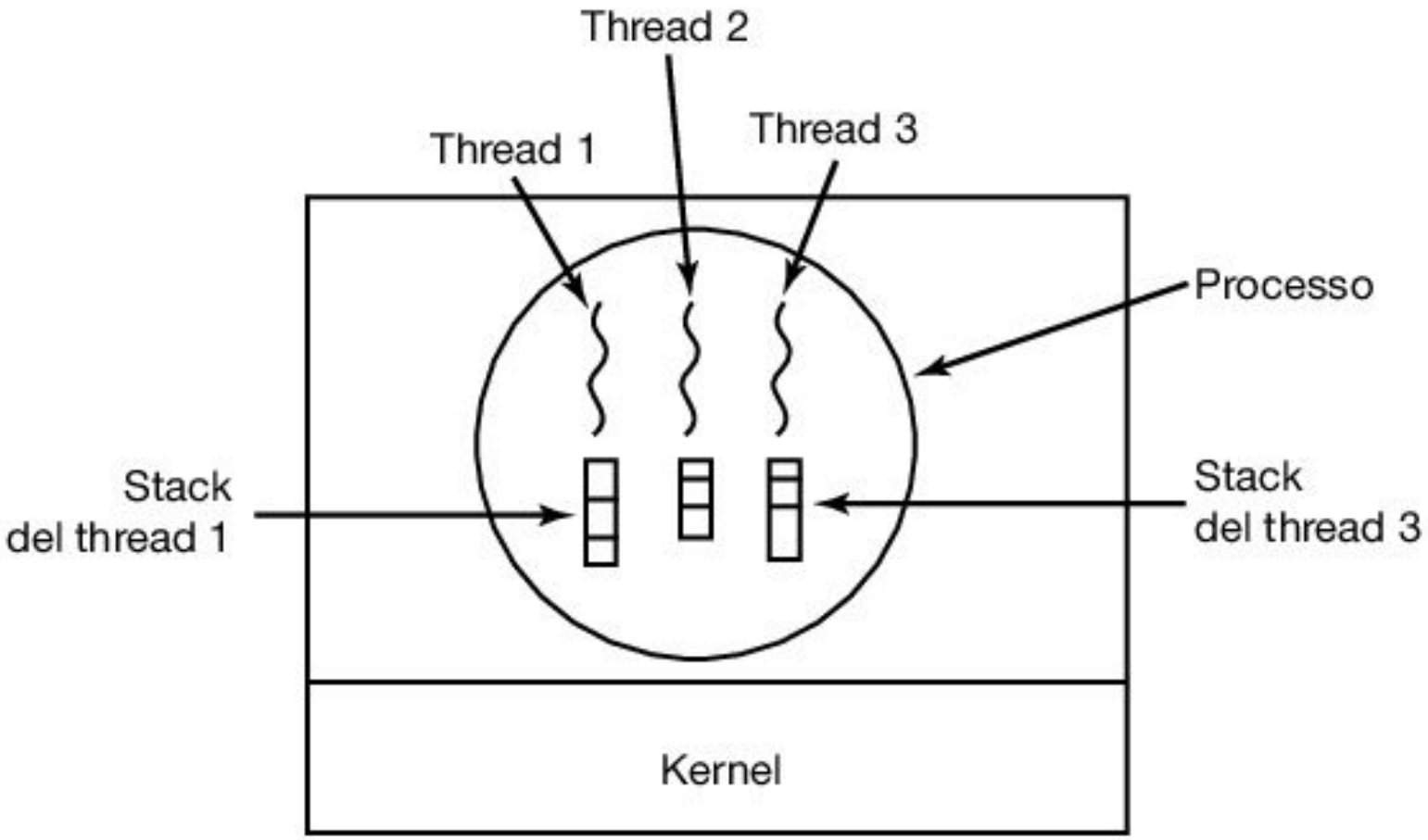
© Deitel & Ass. Inc.

Thread a livello utente



(a) Un pacchetto di thread a livello utente.
(b) Un pacchetto di thread gestito dal kernel.

Modello Thread

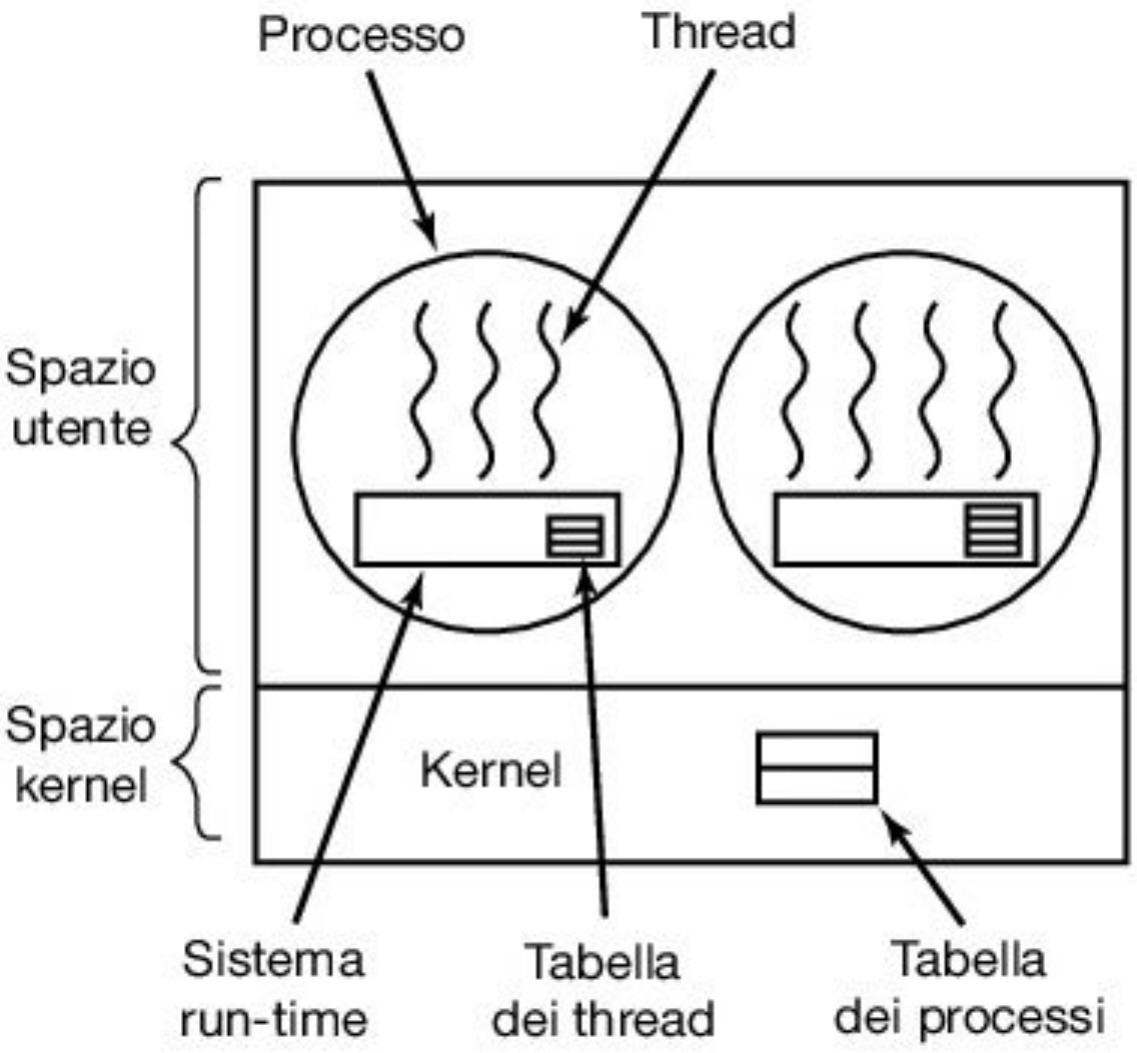


- Ogni thread ha il proprio *stack*

Thread a livello utente

- Più threads a livello utente dello stesso processo condividono l'unico contesto di esecuzione
- I thread gestiti a livello utente sono raggruppati per ogni processo in una **tabella di thread**
- Gestita da un sistema a tempo di esecuzione che mantiene la lista dei thread bloccati e la lista dei thread pronti
- Cambio di contesto fra thread interni ad un processo molto più rapido rispetto al cambio di contesto fra processi
- Scheduling ad hoc

Thread nello spazio utente

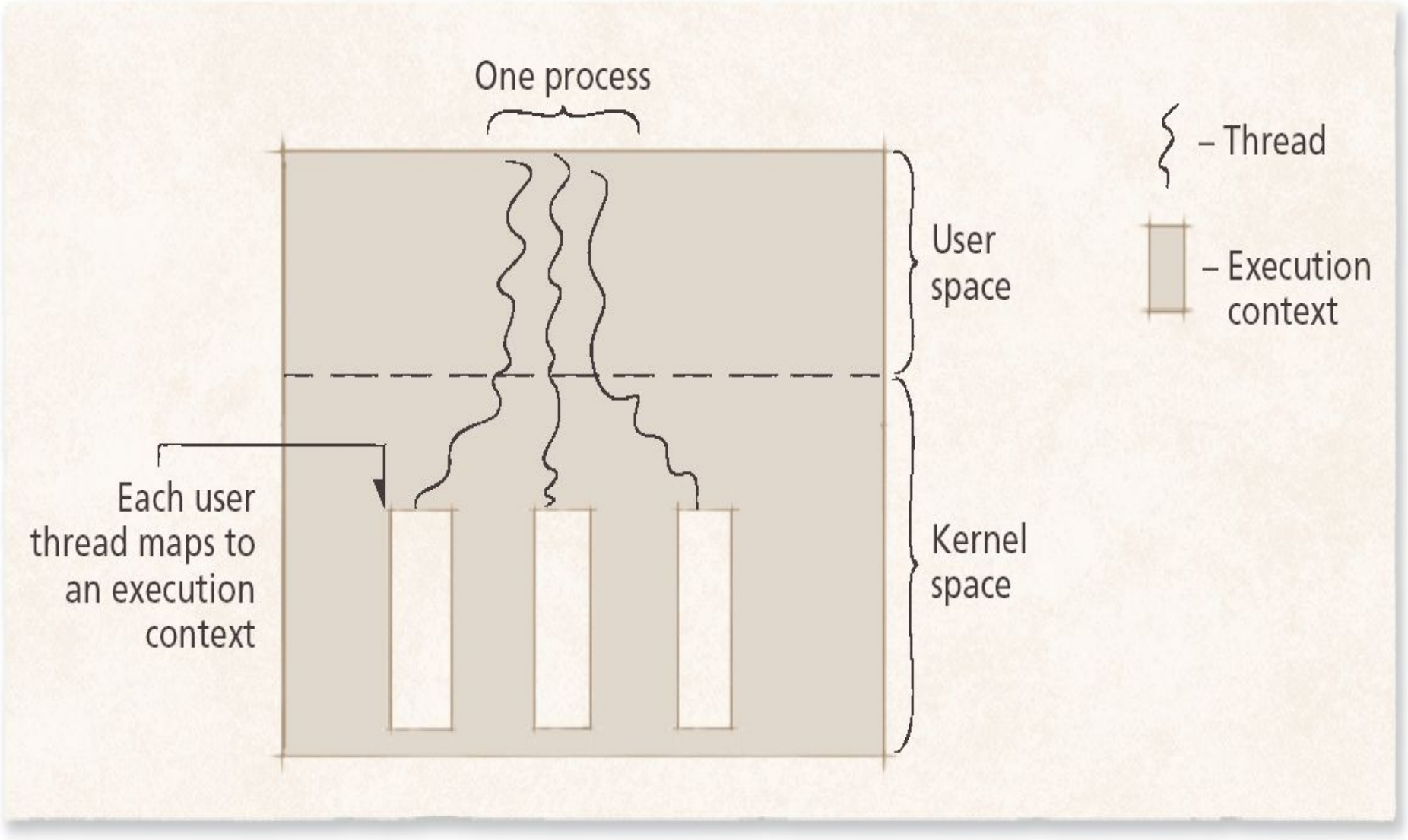


Package per thread a livello utente

Thread nello spazio kernel

- I thread a livello nucleo cercano di superare i limiti del thread a livello utente mappando ogni thread al proprio contesto di esecuzione
  - I thread a livello di kernel forniscono un mapping di thread **uno-a-uno**
- Implementazione dei thread a livello utente
  - Vantaggi: Aumento della scalabilità, interattività, e throughput
  - Svantaggi: overhead dovuti al cambio di contesto e ridotta portabilità dovuto alle API specifici per S.O.
- I thread a livello nucleo non sono sempre la soluzione ottima per le applicazioni multithread

Thread a livello kernel



© Deitel & Ass. Inc.

Thread nello spazio kernel

- Non occorre una tabella di thread e un sistema di esecuzione real-time per in ogni processi

- Il nucleo ha la **tabella di thread**
  con i registri, stato e informazioni di tutti i thread

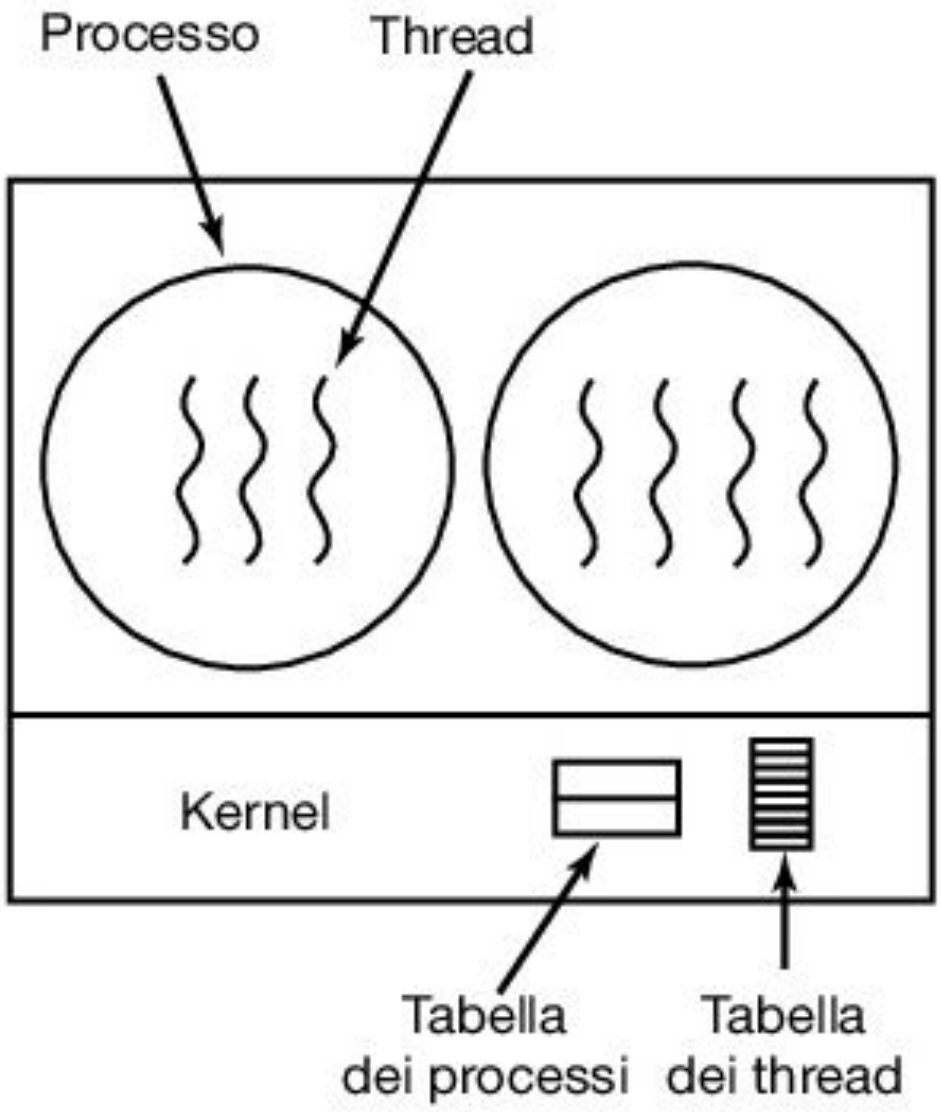
- Le operazioni sui thread avvengono con chiamate al nucleo
  costo maggiore del cambiamento di contesto
  possibile 'riciclo' di thread (strutture)

- Lo scheduler è a livello nucleo e può confrontare thread di processi diversi
  un thread bloccato può non bloccare tutto il processo

- Il nucleo ha anche la **tabella di processi**

Thread a livello kernel

Package per thread
a livello nucleo



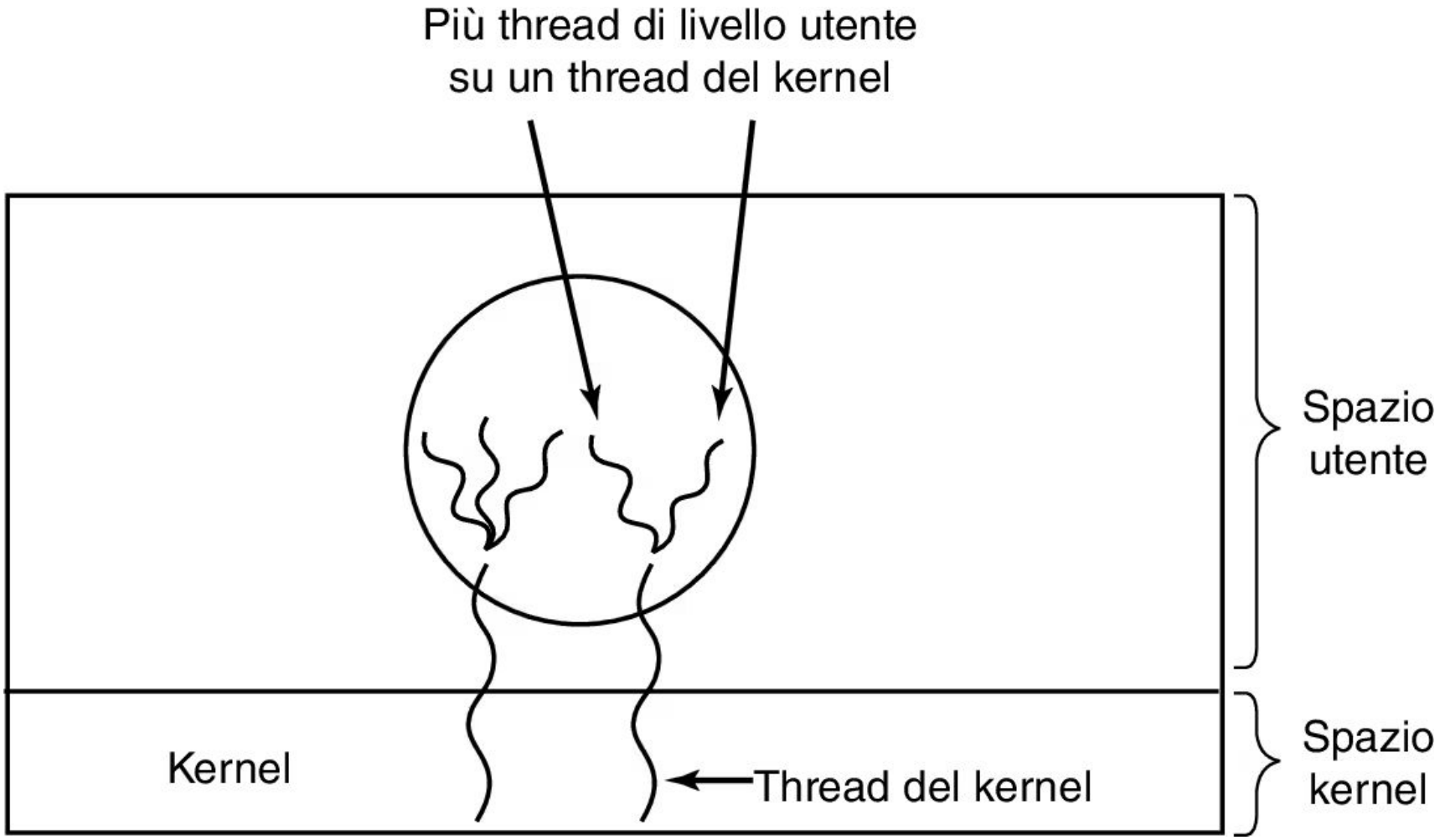
Threads combinati a livello utente e nucleo

- La combinazione di implementazione di thread di livello utente e livello nucleo
  - Mapping thread **molti-a-molti** (*m*-to-*n* thread mapping)
    - Numero di thread di livello utenti e livello kernel non deve essere uguale
    - Può ridurre l'overhead rispetto al mapping di thread uno-a-uno implementando il thread pooling

- Worker threads
  - threads di livello nucleo persistenti che occupano il pool di thread
  - migliora le prestazioni in ambienti in cui i threads sono spesso creati e distrutti
  - ogni nuovo thread viene eseguito da un thread worker

- Attivazione dello Scheduler
  - Tecnica che permette alla libreria di livello utente di programmare i suoi thread
  - Si attua quando il S.O. chiama una libreria di threading a livello utente che determina se uno qualsiasi dei suoi thread devono essere rischedulati

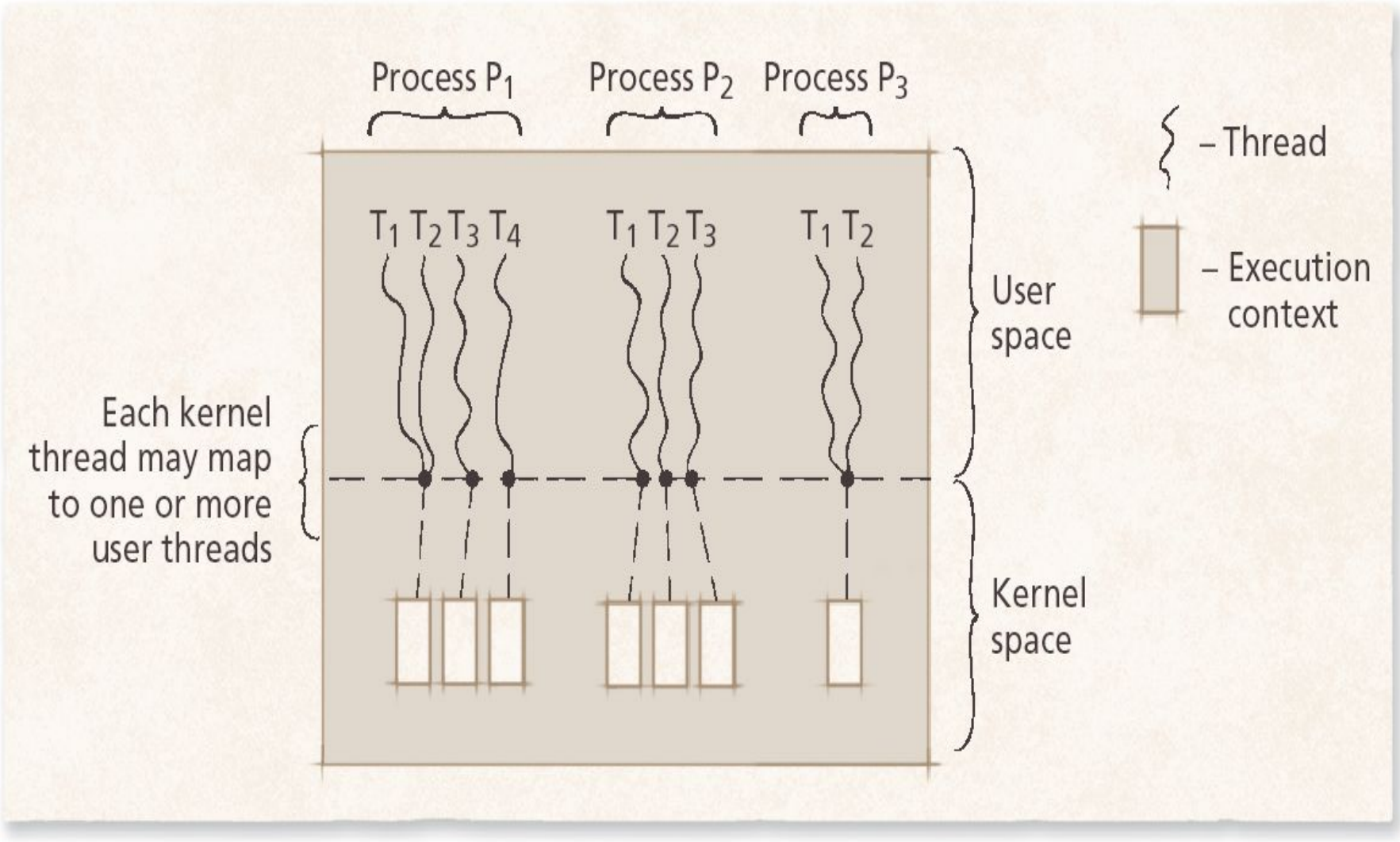
Thread ibridi a livello utente e nucleo



Package per thread a livello nucleo

Thread ibridi a livello utente e nucleo

Modello ibrido di threading



© Deitel & Ass. Inc.

Attivazione dello Scheduler

Obbiettivo

mimare le funzionalità dei threads di livello nucleo

migliorare le prestazioni dei thread del livello utente

Evitare transizioni non necessarie utente/kernel

Il nucleo assegna processori virtuali ad ogni processo

Permette al sistema di allocare a tempo di esecuzione thread ai processori (a livello utente)

Segnalazioni dal nucleo per possibili situazioni di thread bloccati (upcall) al sistema run-time che può attivare lo scheduler a livello utente

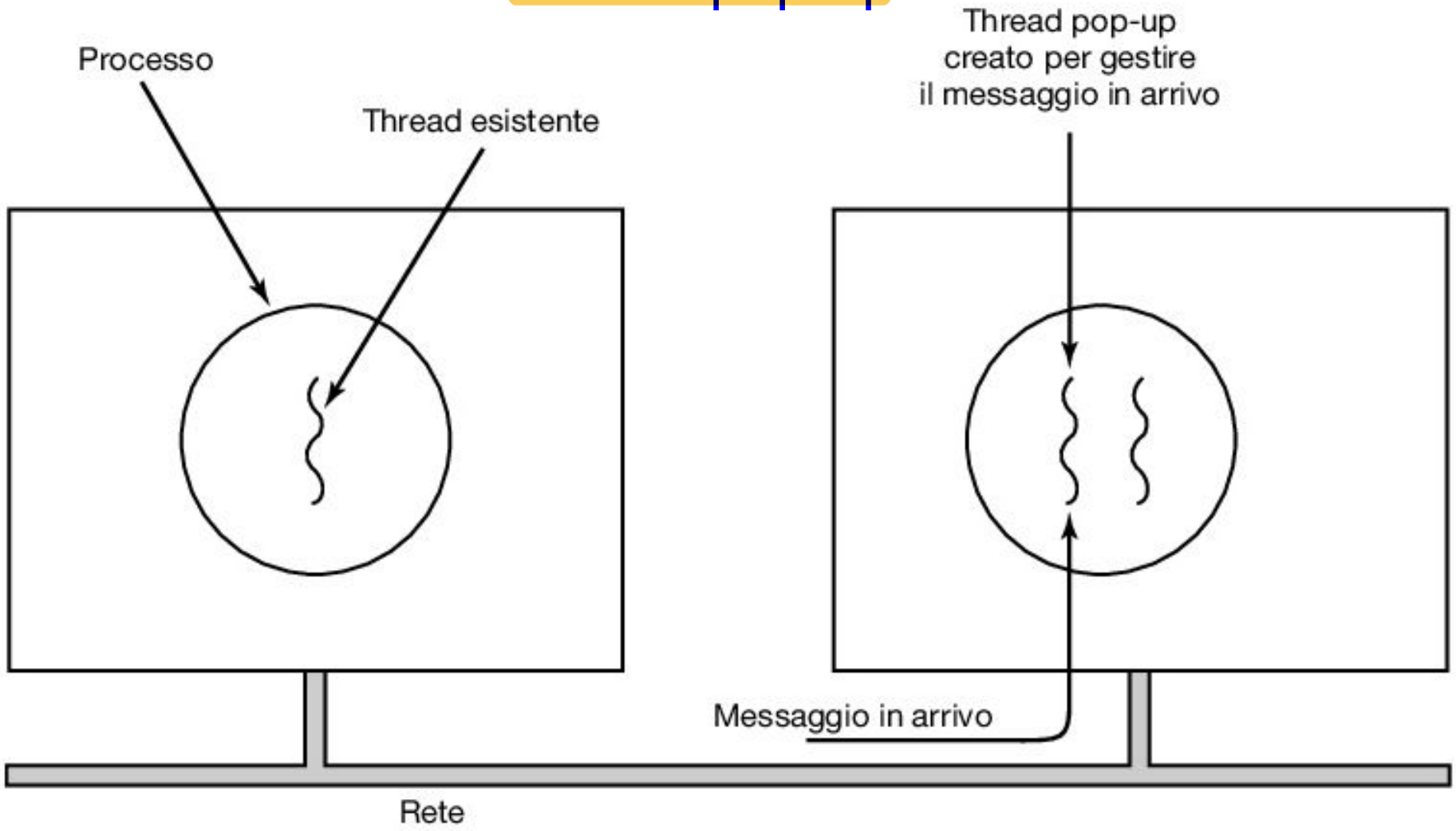
Si può usare su multiprocessori (con processori reali)

Problema

Uso intensivo del nucleo (basso livello)

che chiama procedure nello spazio utente (alto livello)

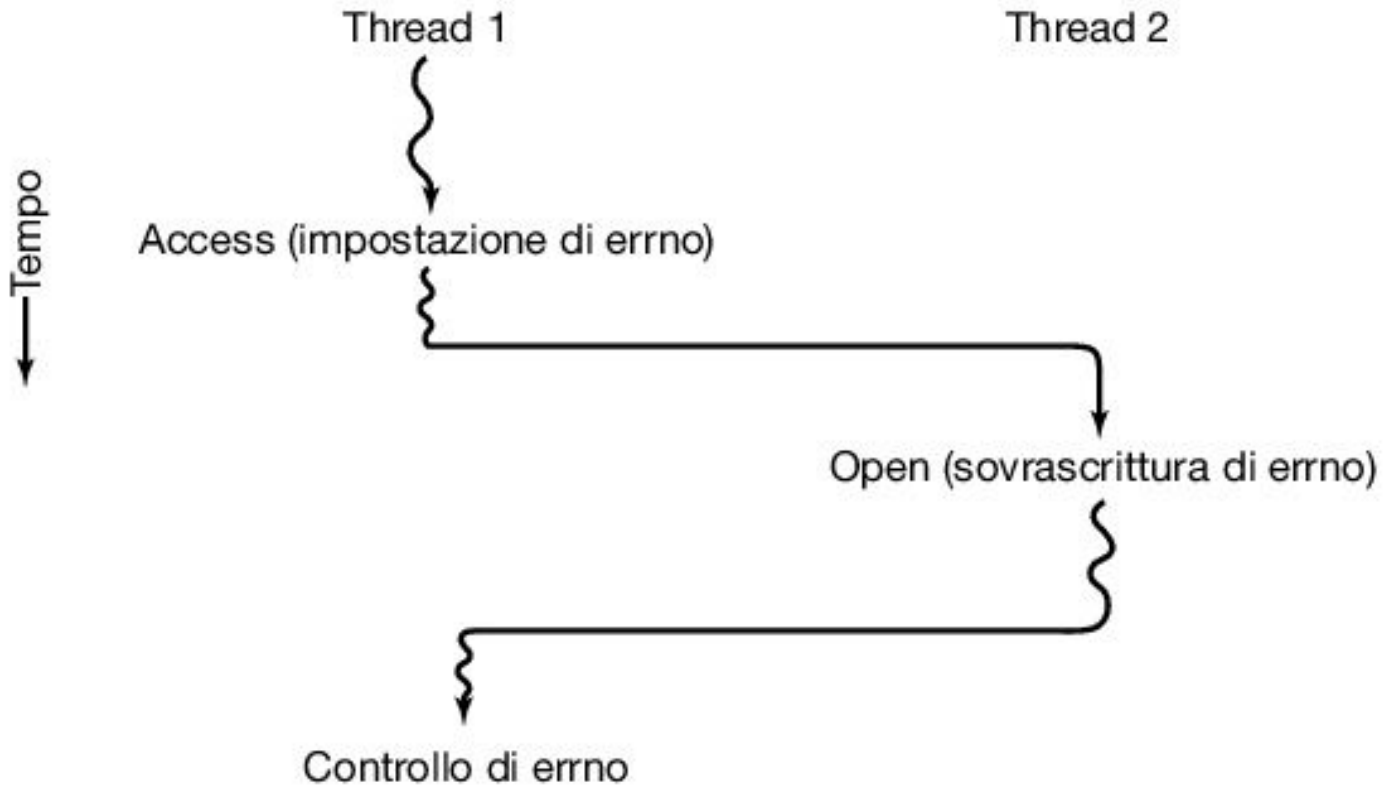
Thread pop-up



Creazione di thread all'arrivo di un messaggio

prima dell'arrivo dopo l'arrivo

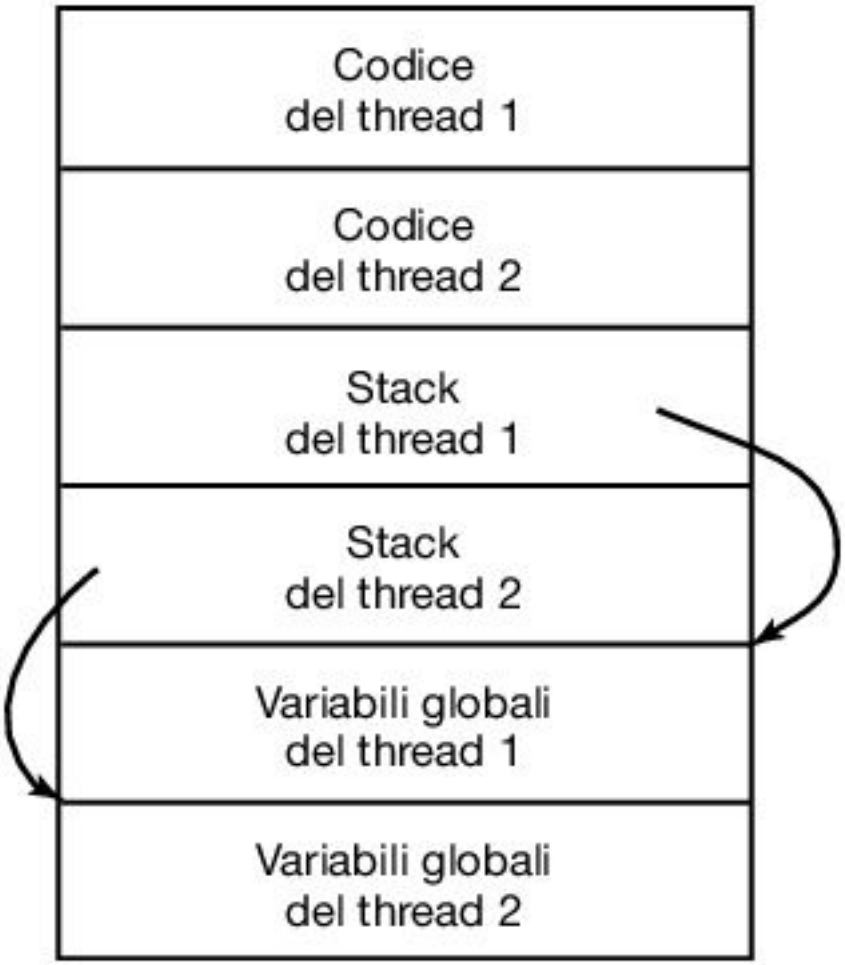
Thread - conflitti



Conflitti di thread per l'uso di una variabile globale '*errno*'

Possibili soluzioni: vietare variabili globali,
usare solo variabili globali private (copie private)
(maggior spazio di memoria)

Thread - conflitti



Uso di variabili globali private

Thread in Linux

- Linux alloca lo stesso tipo di descrittore di processo per processi e thread (tasks)

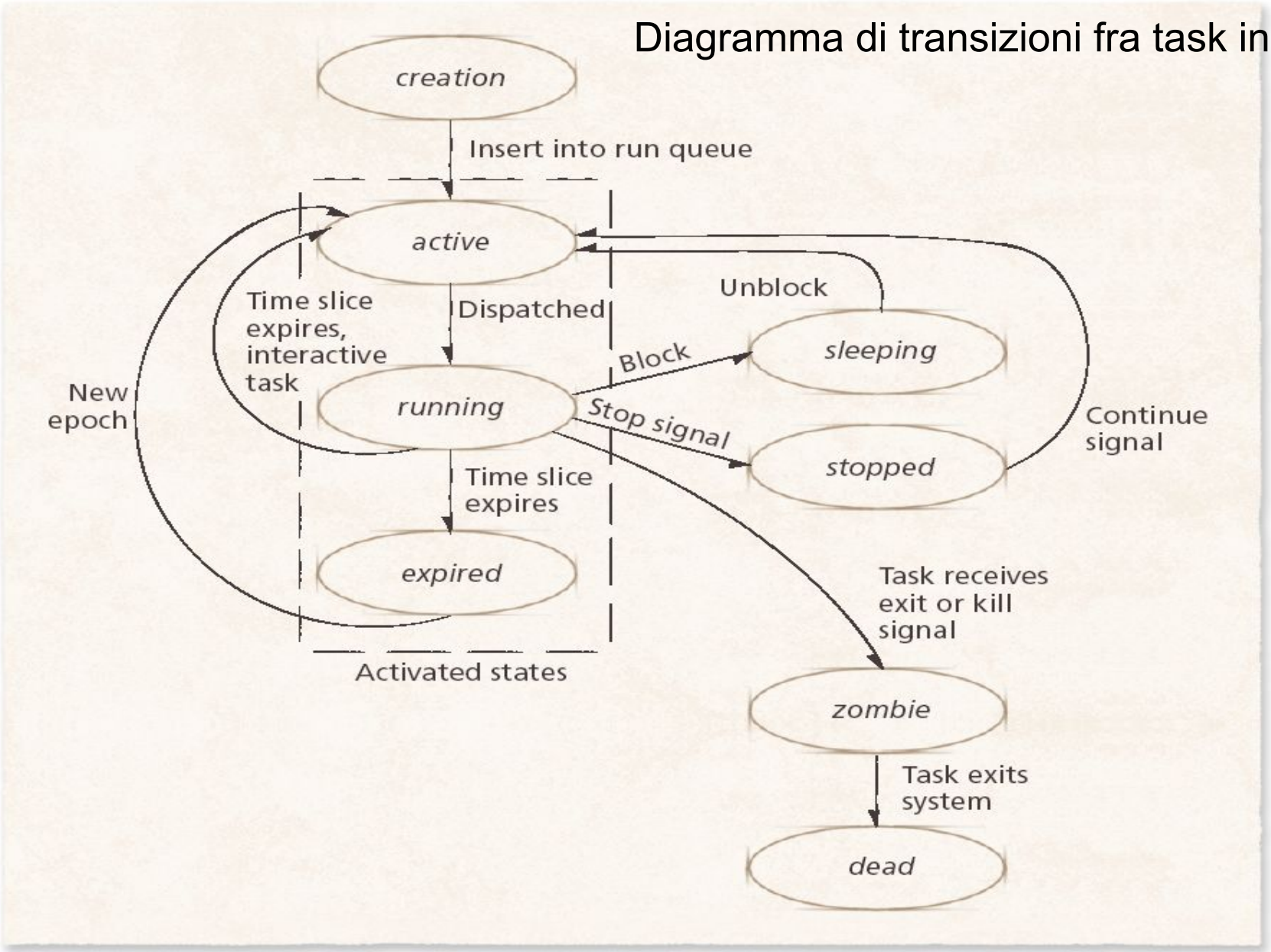
- `Task_struct` descrittore

- Linux usa la chiamata di sistema basata su UNIX `fork` per generare task figli

- Per abilitare il thread, Linux fornisce una versione modificata denominata `clone`
  - `clone` accetta argomenti che specificano quali risorse condividere con il task figlio

Thread in Linux

Diagramma di transizioni fra task in Linux



© Deitel & Ass. Inc.

Threads Windows

- I processi contengono i programmi, gli `handle` (riferimenti ad oggetti) e i Thread con cui condividono risorse
  - `Thread`: unità corrente di esecuzione assegnata ad un processore
  - Esegue un pezzo di codice del processo nel contesto del processo, utilizzando le risorse del processo
  - Il contesto di esecuzione contiene
    - Runtime stack
    - Stato dei registri della macchina
    - Molti attributi
    - unità reale di esecuzione inviato ad un processore

- PEB Process Environment Block
- TEB Thread Environment Block

Threads Windows

- Windows può raggruppare i processi in *job*
  per limitare e gestire l'uso di risorse per tutti i thread del processo del job
  I *job* contengono processi

- threads possono creare e *fiber* allocando strutture dati e uno stack a livello utente
  - *Fiber* viene eseguito nel contesto del thread che lo crea, invece che lo scheduler
  - I thread possono essere convertiti in *fiber,* le *fiber* possono essere create indipendentemente dai thread
  - Vantaggio per cambio di contesto solo a livello utente

- La relazione *thread fiber* è molti a molti, ma di regola un thread è associabile a un insieme di *fiber*
  - Non sempre usate

- Windows fornisce ad ogni processo un pool di thread che si compongono di un numero di thread worker, che sono thread di livello kernel che eseguono funzioni previste dal thread utente

Threads Windows

- Thread pool funzionalità di Win32
  - Coda di task da eseguire
  - I thread del pool appena liberi prendono un task da eseguire dalla coda

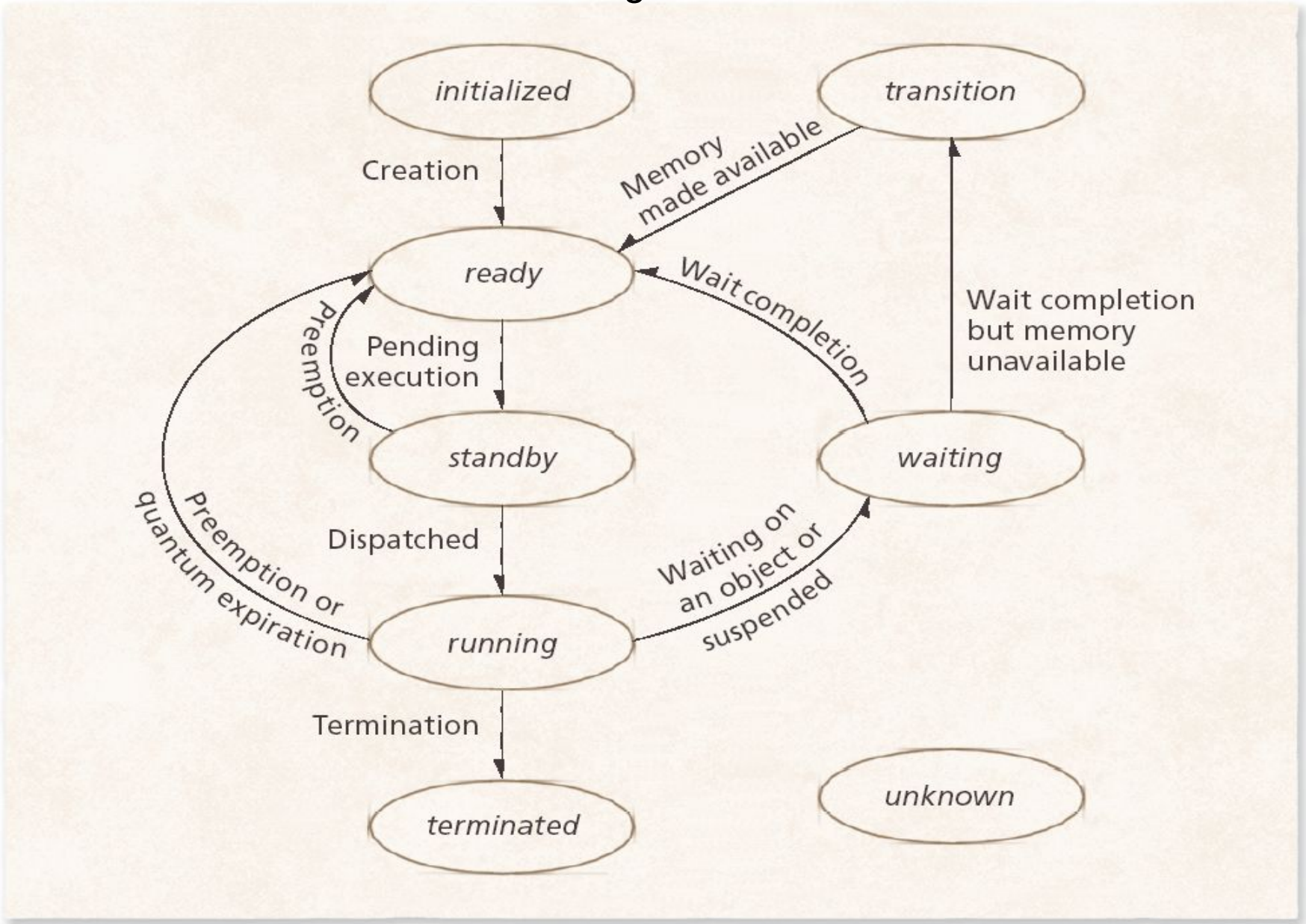
  Evita la creazione/distruzione continua di thread

  I thread possono bloccarsi in attesa di eventi e in quella fase non possono essere riassegnati ad una altro task da eseguire

  Esempio: in applicazioni di tipo cliente-servente

Threads Windows

Diagramma di transizioni fra task in Windows



© Deitel & Ass. Inc.