Нишки (threads)

доц. д-р инж. Христо Вълчанов

http://cs.tu-varna.bg

Нишки

Нишка – независим поток от инструкции в рамките на една програма:

- Има различни състояния (running, ready и др.);
- Контекстът на нишката се съхранява когато тя не се изпълнява;
- Нишките се планират от ОС и се изпълняват като независими единици в рамките на процес;
- Нишките имат собствен стек;
- Един процес може да има множество нишки;
- Всяка нишка се представя чрез структура - thread control block (TCB);
- Всяка нишка може да създава други нишки.

Процеси / нишки

- **Ключова разлика** - Множество нишки имат достъп до едно и също адресно пространство на процеса.

Предимства на нишките

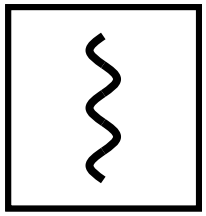
- **Най-важното предимство** - Достъп до адресното пространство на процеса.
- По-малко време за създаване.
- По-малко време за завършване.
- По-малко време за превключване между нишките.
- По-малко комуникационни разходи.

Multi-threading / Single threading

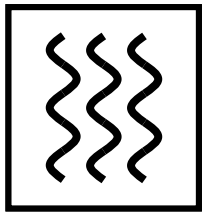
- **Single threading**

  ОС не разпознава нишки.
- **Multi-threading**

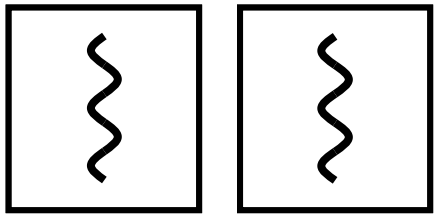
  Поддържа нишки.



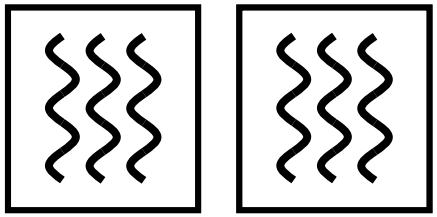
single process, single thread



single process, multiple threads



multiple processes, single thread

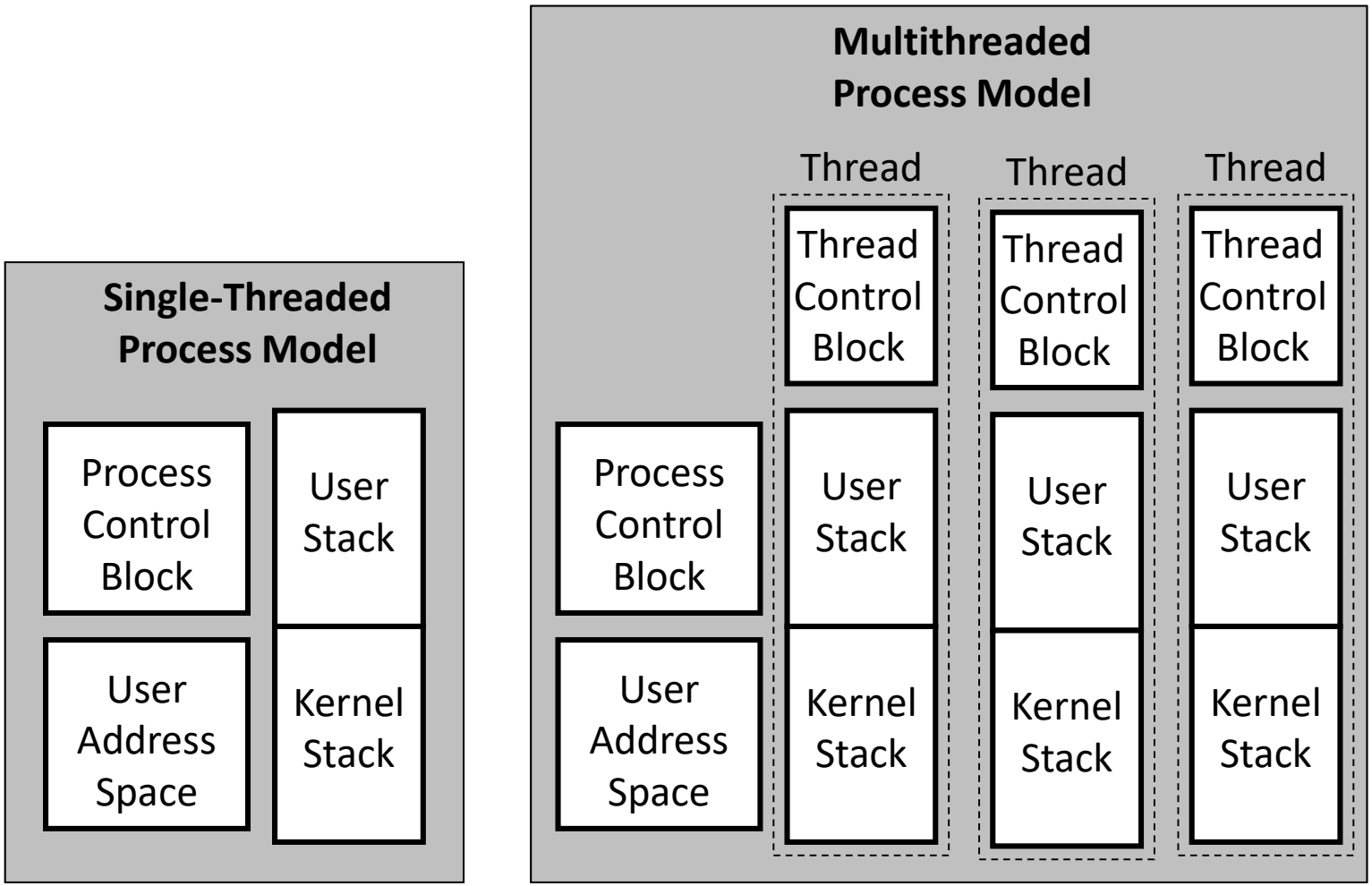


multiple processes, multiple threads

Примери на ОС:

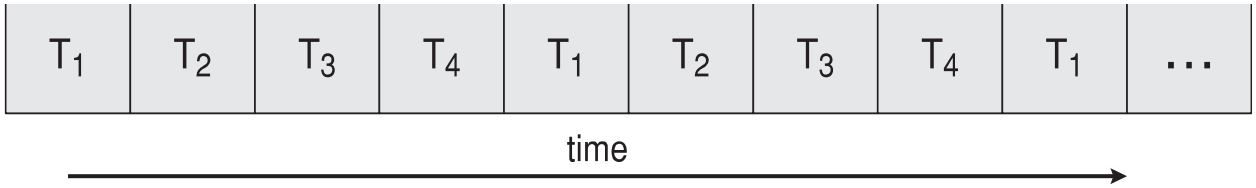
- **MSDOS** – един процес и една нишка
- **UNIX** – множество процеси с по една нишка всеки
- **Solaris, Windows** – множество нишки

Модели на single и multithread приложения

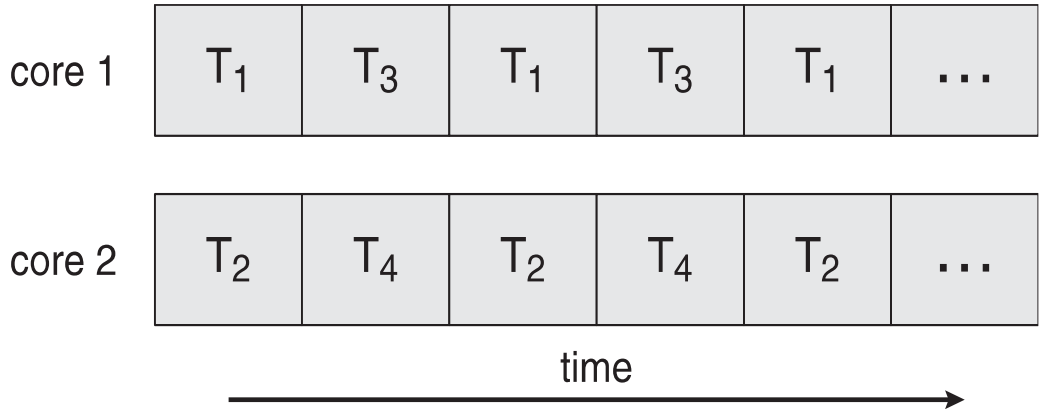


Паралелно и конкурентно изпълнение

- Конкурентно изпълнение в едноядрена система



- Паралелно изпълнение в многоядрена система



Multi-threaded клиент: Web Browsers

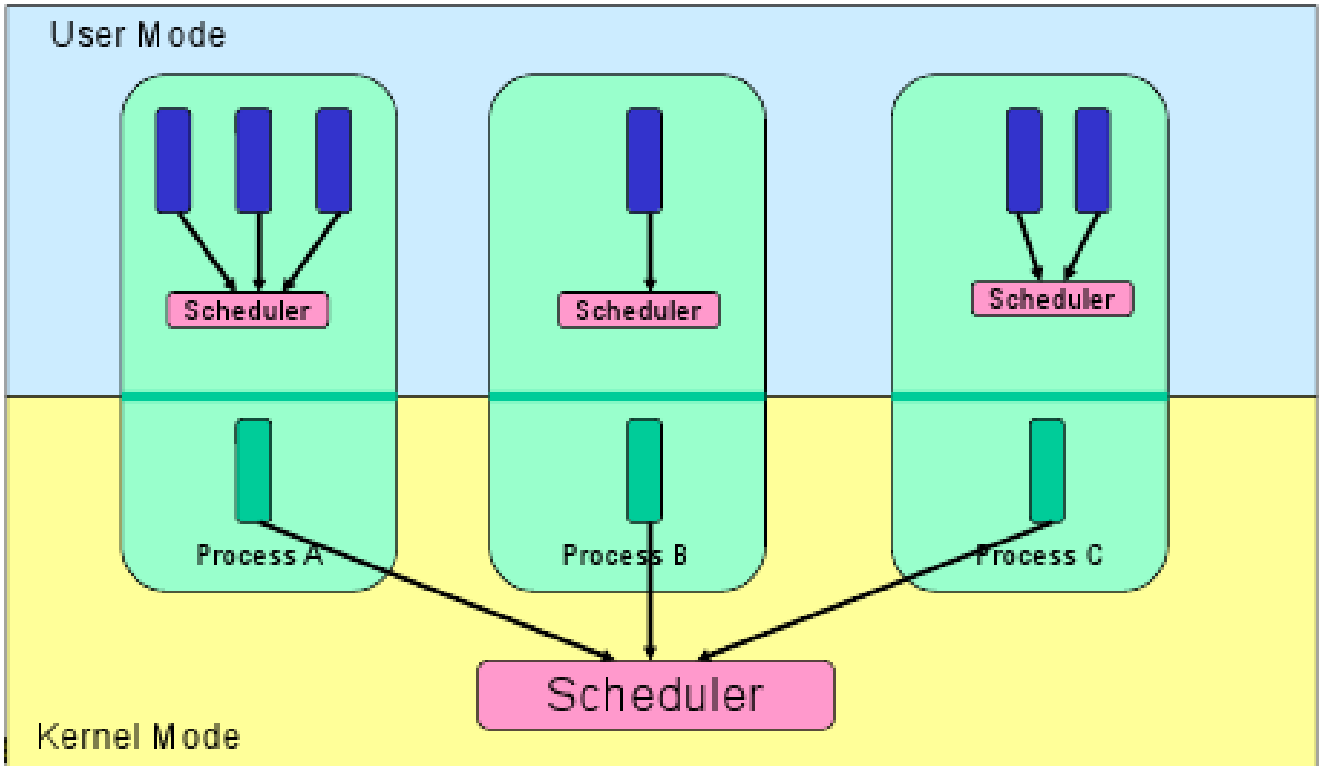
Предимства на многонишковото програмиране

- Подобрява производителността на приложенията.
- Използване на многоядрени процесори.
- Подобрява структурата на програмите.
- Използват се по-малко системни ресурси.

Реализация на нишки

- **User level** – ядрото не поддържа нишки. Управлението им е чрез библиотека.
- K**ernel level** – управлението на нишките се осигурява от ядрото.

User-level нишки



User-level – предимства и недостатъци

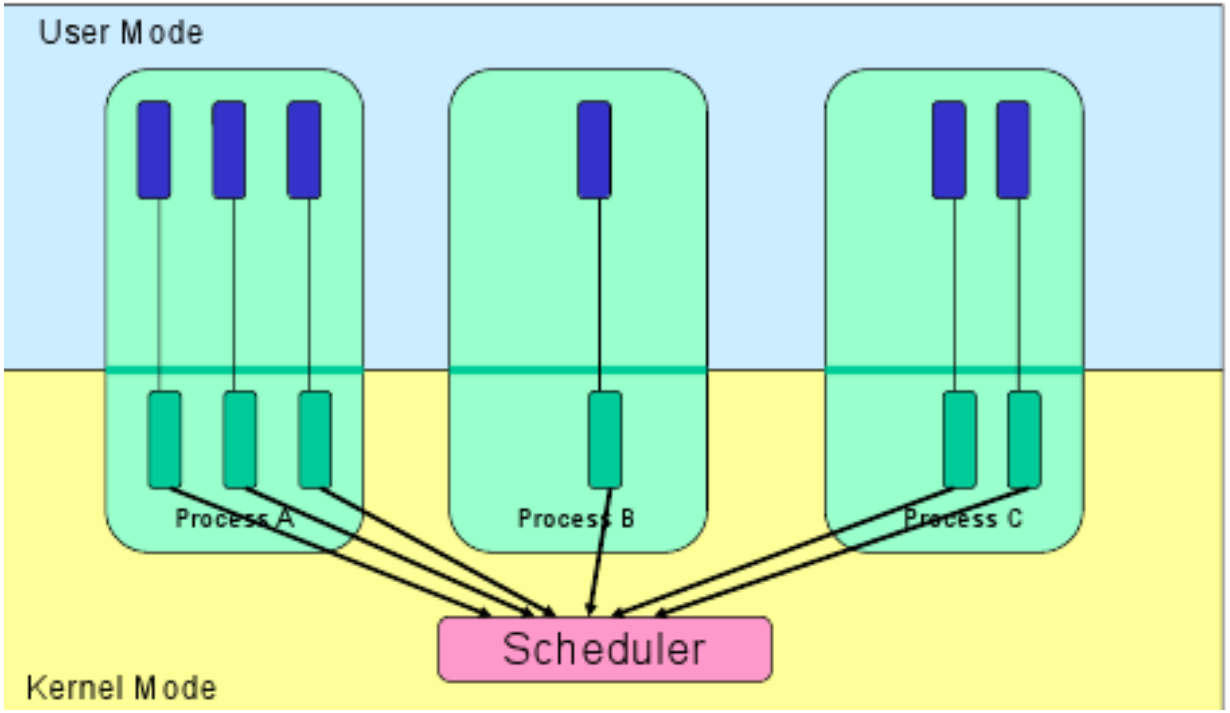
Предимства:

- Ядрото не участва в превключванията на нишките.
- Планирането може да е приложно ориентирано – избор на най-добрия алгоритъм.
- Нишките могат да се изпълняват на всяка ОС – необходима е само библиотека.

Недостатъци:

- Повечето системни извиквания за блокиращи и ядрото блокира процеса – всички нишки в него се блокират.
- Ядрото може да присъединява само процеси към процесори. Нишките в процес не могат да се изпълнят паралелно на няколко процесора.

Kernel-level нишки



Kernel-level – предимства и недостатъци

Предимства:

- Ядрото може да планира едновременно много нишки. от същия процес върху няколко процесора.
- Блокирането се извършва на ниво нишка.
- Функциите на ядрото могат да бъдат реализирани многонишково.

Недостатъци:

- Превключването в рамките на един процес се извършва от ядрото. Резултатът е забавяне на изпълнението.

Библиотеки за нишки

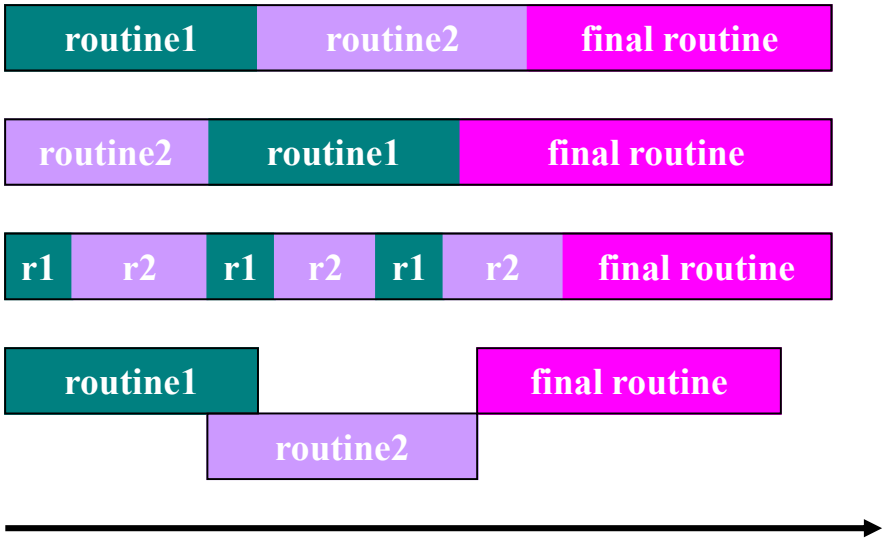
- Предоставят интерфейс за работа с нишки.
  - **libpthread** for POSIX threads
  - **libthread** for Solaris threads
  - Java Threads
  - Win 32 Threads

Пакети за нишки

- Posix Threads (pthreads)
  - Широко използван
  - Базиран на Posix standard
  - Опростени извиквания: *pthread_create*, …
  - Типично използван в C/C++ приложения
  - Може да бъде реализиран и като user-level и като kernel-level
- Java Threads
  - Естествена поддръжка, вградена в езика
  - Нишките се планират от JVM
- Win 32 Threads

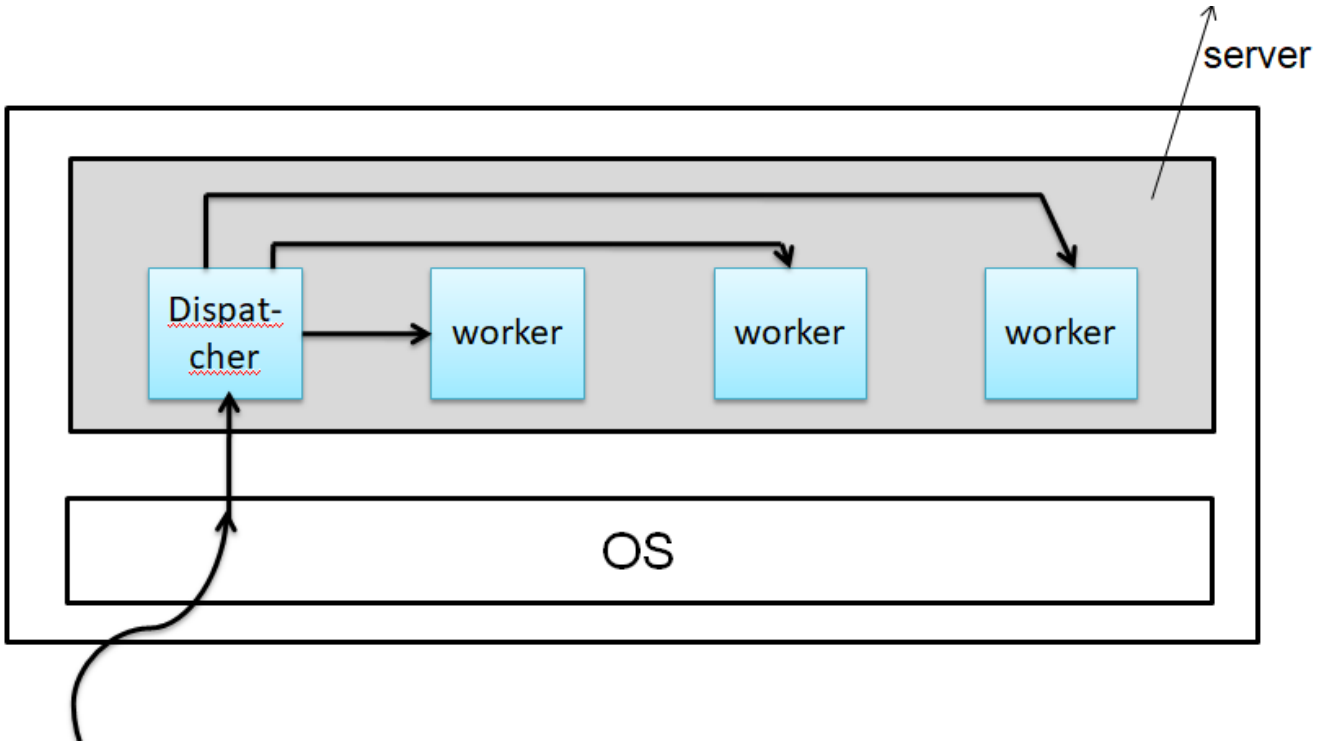
Проектиране на многонишкови програми

- Ако програмата може да се организира в независими, конкурентно изпълняващите се единици.



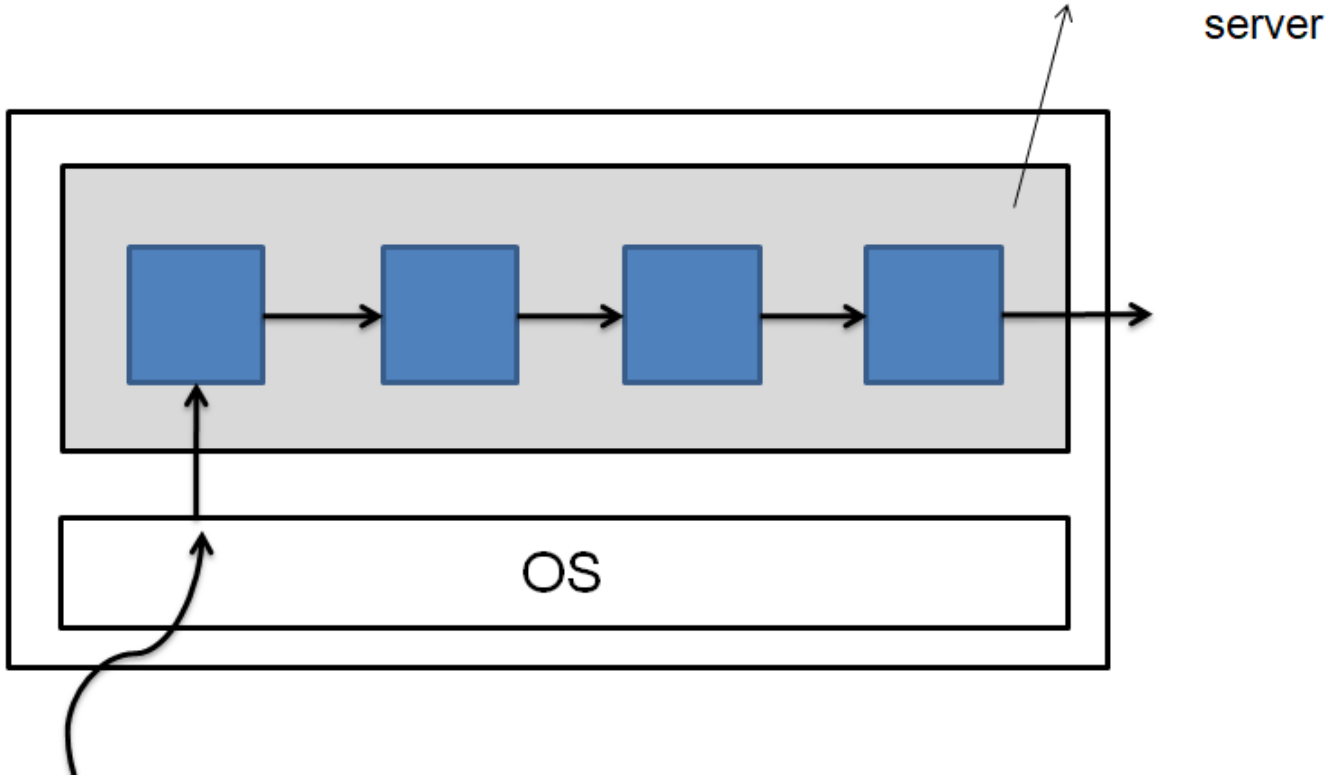
Общи модели на многонишкови програми

- **Manager-worker**



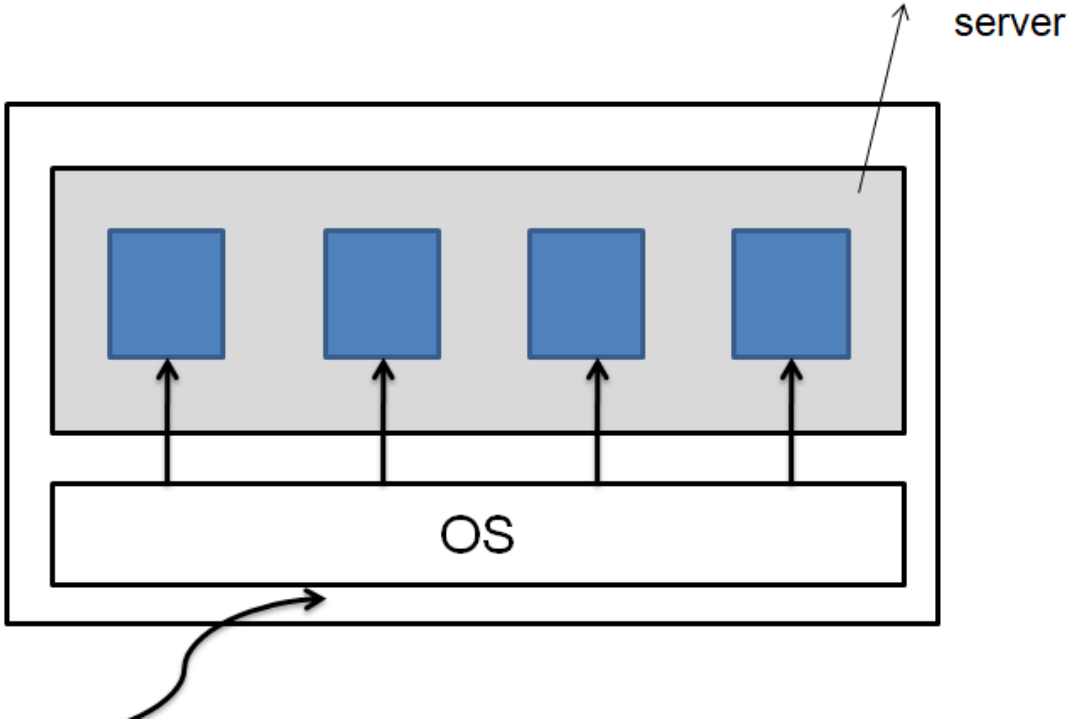
Общи модели на многонишкови програми

- **Pipeline**



Общи модели на многонишкови програми

- **Team server**



Pthreads API

- **Управление на нишки**
- **Mutexes**
- **Conditional variables**

Компилиране на многонишкова програма

```
> gcc -o <executable_name> <source_file> -lpthread
```

Необходимо е задаване на библиотеката *pthread* с опцията -l

Създаване на нишка

```
int pthread_create(pthread_t *tid,
                   const pthread_attr_t *tattr,
                   void*(*start_routine)(void *),
                   void *arg);
```

Завършване на нишка

- При завършване на функцията, от която е създадена;
- При извикване на *pthread_exit();*
- Процесът завършва чрез *exit().*

```
void pthread_exit(void *status);
```

Пример

```
#include <pthread.h>
#include <stdio.h>
#define NUM_THREADS     5

void *PrintHello(void *threadid){
      printf("\n%d: Hello World!\n", threadid);
      pthread_exit(NULL);
}

int main (int argc, char* argv[]){
      pthread_t threads[NUM_THREADS];
      int rc, t;

      for(t=0; t < NUM_THREADS; t++){
         printf("Creating thread %d\n", t);

        // Create a thread and pass its number as argument
          rc = pthread_create(&threads[t], NULL, PrintHello, (void *)t);

         if (rc){
           printf("ERROR: pthread_create %d\n", rc);
           exit(1);
         }
      }

      pthread_exit(NULL);
}
```

Пример 2

```
#include <pthread.h>
#include <stdio.h>

 void *Plus(void *threadid){
      int k;
          for ( ; ; ) {
            printf("+");
            for (k=0;k<10000;k++);
          }
}
 void *Minus(void *threadid){
      int k;
          for ( ; ; ) {
            printf("-");
            for (k=0;k<10000;k++);
          }
}
 void *Dot(void *threadid){
      int k;
          for ( ; ; ) {
            printf(".");
            for (k=0;k<10000;k++);
          }
}
```

```
int main (int argc, char* argv[]){
     pthread_t t1, t2, t3;

     printf("Creating thread %d\n", t);

     pthread_create(&t1, NULL, Plus, NULL);
     pthread_create(&t2, NULL, Minus, NULL);
     pthread_create(&t3, NULL, Dot, NULL);

     pthread_exit(NULL);
}
```

Пример 2 - проблем

```
int main (int argc, char* argv[]){
   pthread_t t1, t2, t3;

   printf("Creating thread %d\n", t);

   pthread_create(&t1, NULL, Plus, NULL);
   pthread_create(&t2, NULL, Minus, NULL);
   pthread_create(&t3, NULL, Dot, NULL);

   return (0);
}
```

Пример 2 - проблем

```
int main (int argc, char* argv[]){
   pthread_t t1, t2, t3;

   printf("Creating thread %d\n", t);

   pthread_create(&t1, NULL, Plus, NULL);
   pthread_create(&t2, NULL, Minus, NULL);
   pthread_create(&t3, NULL, Dot, NULL);

}
```

Изчакване на нишка

```
int pthread_join(thread_t tid,
                 void **status);
```

Пример

```
#include <pthread.h>
#include <stdio.h>
#define NUM_THREADS     3

// A working thread
void *BusyWork(void *null) {
   int i;
   double result=0.0;

   // Simulate working
   for (i=0; i < 1000000; i++) {
     result = result + (double)random();
   }
   printf("result = %e\n",result);
   pthread_exit(NULL);
}
```

Пример

```
int main (int argc, char* argv[]) {
      pthread_t thread[NUM_THREADS];
      int rc, t, status;

   for(t=0; t < NUM_THREADS; t++) {
         printf("Creating thread %d\n", t);

         // Create a thread as JOINABLE
         rc = pthread_create(&thread[t],
                             NULL, BusyWork, NULL);
         if (rc) {
            printf("ERROR: pthread_create %d\n",rc);
            exit(1);
         }
   }
```

Пример

```
   for(t=0;t < NUM_THREADS;t++) {
          // Wait for other treads
          rc = pthread_join(thread[t], (void *)&status);
          if (rc) {
             printf("ERROR: pthread_join %d\n", rc);
             exit(1);
          }
          printf("Main: Completed join with thread %d
                              status= %d\n",t,status);
   }

   pthread_exit(NULL);
}
```

Синхронизация на нишка

- Mutual Exclusion locks (Mutex).
- Semaphores.
- Condition variables.

Mutexes - операции

- **lock()**
- **unlock()**
- **trylock()**

Използване

```
lock mutex;
    Critical Section;
unlock mutex;
```

Инициализиране и унищожаване на mutex

```
int pthread_mutex_init(pthread_mutex_t *mp,
          const pthread_mutexattr_t *mattr);
```

- ✓ **mutex е първоначално отключен**

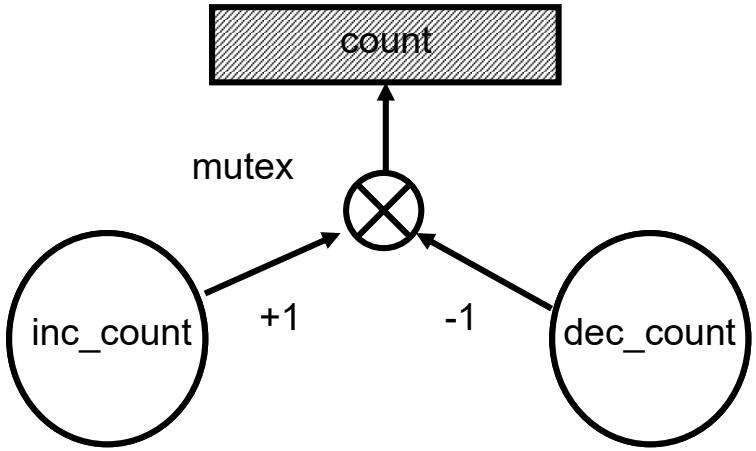
```
int pthread_mutex_destroy(pthread_mutex_t *mp);
```

Заключване/отключване на mutex

```
int pthread_mutex_lock(pthread_mutex_t *mp);

int pthread_mutex_unlock(pthread_mutex_t *mp);
```

Пример

```
#include <stdio.h>
#include <pthread.h>
int count=0;
pthread_mutex_t mu;      // Mutex variable
void *inc_count(void* arg) {
     int i=0;
     for (i=0;i<1000000;i++) {
         pthread_mutex_lock(&mu);
         count++;
         pthread_mutex_unlock(&mu);
         if (i%100000==0) printf("+\n");
     }
     pthread_exit(NULL);
}
void *dec_count(void* arg) {
     int i=0;
     for (i=0;i<1000000;i++) {
         pthread_mutex_lock(&mu);
         count--;
         pthread_mutex_unlock(&mu);
         if (i%100000==0) printf("-\n");
     }
     pthread_exit(NULL);
}
```



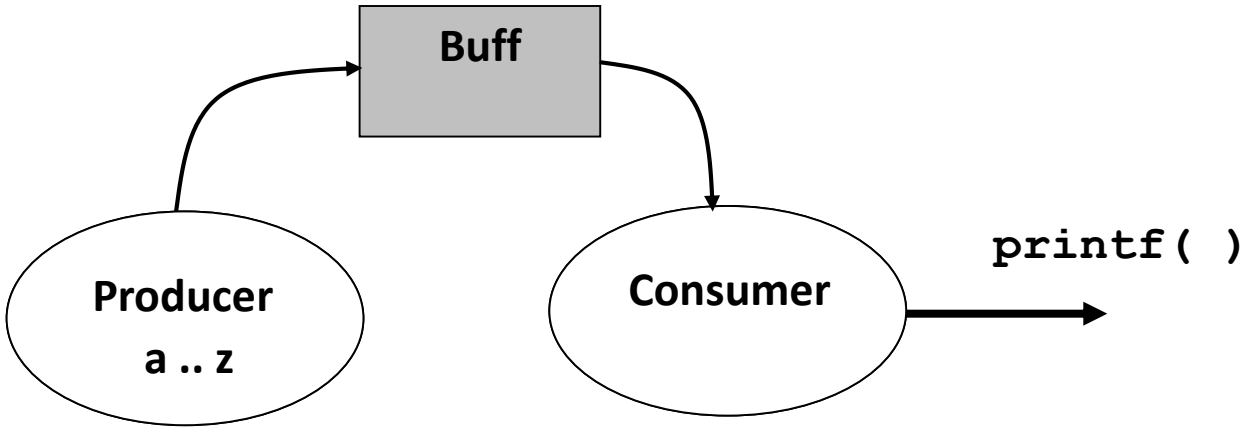
```
int main(int argc, char* argv[]) {
     pthread_t t1, t2;

     // Initialize the mutex
     pthread_mutex_init(&mu, NULL);

     pthread_create(&t1, NULL, inc_count, NULL);
     pthread_create(&t2, NULL, dec_count, NULL);

     pthread_join(t1, NULL);
     pthread_join(t2, NULL);

     // Free the mutex resources
     pthread_mutex_destroy(&mu);

     printf("Main: Done. Count = %d\n", count);

     pthread_exit(NULL);
}
```

Семафори - операции

```
int sem_init(sem_t *sem,
             int pshared,
             unsigned int value);

int sem_wait(sem_t *sem);

int sem_post(sem_t *sem);

int sem_getvalue(sem_t *sem, int *sval);
```

Пример “Производител-консуматор“

Производителят генерира азбуката и я записва символ по символ в буфер от тип *char*.
Консуматорът чете данните от буфера и ги извежда на екрана.



```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
#include <pthread.h>
#include <semaphore.h>
#include <signal.h>

char buffer = ' '; // The buffer

void *Producer (void *arg) {
   int k, x, i;

   for ( i='a'; i<='z'; i++ ){
     x = 0;
     for ( k=0; k<10000000; k++ ) x++;
     buffer = i;    // Critical section
   }
   printf("Producer thread ended.\n");
   pthread_exit(NULL);
}
```

```
void *Consumer (void *arg) {
   int k, x, i;
   char a;

   for ( i='a'; i<='z'; i++ ) {

     a = buffer;    // Critical section

     printf("%c\n", a);
     if ( a == 'z' ) break;
     x = 0;
     for ( k=0; k<5000000; k++ ) x++;
   }
   printf("Consumer thread ended.\n");
   pthread_exit(NULL);
}
```

```
int main(int argc, char *argv[]) {
   pthread_t proc, cons;
   int status;

   // Create Producer and Consumer threads
   status = pthread_create(&proc, NULL, Producer, NULL);
   if (status != 0) {
        perror("Create thread Producer");
        exit(1);
   }
   status = pthread_create(&cons, NULL, Consumer, NULL);
   if (status != 0) {
        perror("Create thread Consumer");
        exit(1);
   }

   printf("Main thread ended. \n");
   pthread_exit(NULL);
}
```

Резултат

Възможни варианти на извеждането:

- a a a a a a a b b c d d d d d d d d e e …
- b f p z
- z

Решение с mutex

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
#include <pthread.h>
#include <semaphore.h>
#include <signal.h>

char buffer = ' ';

sem_t mutex;

void *Producer (void *arg) {
   int k, x, i;

   for ( i='a'; i<='z'; i++ ){
     x = 0;
     for ( k=0; k<10000000; k++ ) x++;
     sem_wait( &mutex );
     buffer = i;       // Critical section
     sem_post( &mutex );
   }
   printf("Producer thread ended.\n");
   pthread_exit(NULL);
}
```

```
void *Consumer (void *arg) {
   int k, x, i;
   char a;

   for ( i='a'; i<='z'; i++ ) {
     sem_wait( &mutex );
     a = buffer;         // Critical section
     sem_post( &mutex );
     printf("%c\n", a);
     if ( a == 'z' ) break;
     x = 0;
     for ( k=0; k<5000000; k++ ) x++;
   }
   printf("Consumer thread ended.\n");
   pthread_exit(NULL);
}
```

```
int main(int argc, char *argv[]) {
    pthread_t proc, cons;
    int status;

    if (sem_init(&mutex, 0, 1) == -1) {
          perror("Init semaphore");
          exit(1);
    }
    // Create Producer and Consumer threads
    status = pthread_create(&proc, NULL, Producer, NULL);
    if (status != 0) {
          perror("Create thread Producer");
          exit(1);
    }
    status = pthread_create(&cons, NULL, Consumer, NULL);
    if (status != 0) {
          perror("Create thread Consumer");
          exit(1);
    }
    // Wait for threads to complete
    pthread_join(proc, NULL);
    pthread_join(cons, NULL);

    printf("Main thread ended.\n");
    pthread_exit(NULL);
}
```

Решение със семафори

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
#include <pthread.h>
#include <semaphore.h>
#include <signal.h>

char buffer = ' ';

sem_t mutex;
sem_t full;
sem_t empty;

void *Producer (void *arg) {
   int k, x, i;

   for ( i='a'; i<='z'; i++ ){
     x = 0;
     for ( k=0; k<10000000; k++ ) x++;
     sem_wait( &empty );
     sem_wait( &mutex );
     buffer = i;        // Critical section
     sem_post( &mutex );
     sem_post( &full );
   }
   printf("Producer thread ended.\n");
   pthread_exit(NULL);
}
```

```
void *Consumer (void *arg) {
   int k, x, i;
   char a;

   for ( i='a'; i<='z'; i++ ) {
     sem_wait( &full );
     sem_wait( &mutex );
     a = buffer;// Critical section
     sem_post( &mutex );
     sem_post( &empty );
     printf("%c\n", a);
     if ( a == 'z' ) break;
     x = 0;
     for ( k=0; k<5000000; k++ ) x++;
   }
   printf("Consumer thread ended.\n");
   pthread_exit(NULL);
}
```

```
int main(int argc, char *argv[]) {
    pthread_t proc, cons;
    int status;

    if (sem_init(&mutex, 0, 1) == -1) {
          perror("Init semaphore");
          exit(1);
    }

    if (sem_init(&empty, 0, 1) == -1) {
          perror("Init semaphore");
          exit(1);
    }

    if (sem_init(&full, 0, 0) == -1) {
          perror("Init semaphore");
          exit(1);

    }

    . . .

}
```

Многонишков сървър

```
#include <stdio.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <pthread.h>
#include <stdlib.h>

#define SVRPORT        3000

// Worker thread function
void *worker(void *arg) {
  int D1, D2, operation, sum;
  int sd_copy;

  // The argument is the socket copy from accept()
  sd_copy = *(int*)arg;

  // Read from the socket
  read(sd_copy, &D1, sizeof(D1));
  read(sd_copy, &D2, sizeof(D2));
  read(sd_copy, &operation,
              sizeof(operation));
```

```
switch (operation) {
    case 0: sum = D1 + D2; break;
    case 1: sum = D1 - D2; break;
    case 2: sum = D1 * D2; break;
    case 3: sum = D1 / D2; break;
    case 4: exit(0);
     default: {
       printf("Server: Error\n");
       exit(1);
    }
}

  write(sd_copy, &sum, sizeof(sum));
// Return the result

  close(sd_copy);

  pthread_exit(0);//End of the worker
}
```

Многонишков сървър

```
int main() {
  int sd, sd_copy;
  struct sockaddr_in myaddr, theclient;
  int clientlen, tmp=1;
  pthread_t td;

    // Create a socket
  sd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
  if (sd == -1) {
    perror("socket");
    exit(1);
  }
    // Bind to the socket
  myaddr.sin_family = AF_INET;
  myaddr.sin_port = htons(SVRPORT);
  myaddr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);

  if ( bind(sd, (struct sockaddr *)&myaddr,
       sizeof(myaddr)) == -1 ) {
    perror("bind");
    exit(1);
  }
    // Set socket to be with REUSABLE port
  if ( setsockopt(sd, SOL_SOCKET, SO_REUSEADDR,
       &tmp, sizeof(int)) == -1 ) {
    perror("setsckopt");
    exit(1);
  }
```

```
// Prepare buffer for incomming connections
 if ( listen(sd, 5) == -1 ) {
   perror("listen");
   exit(1);
 }

 // Server's main loop
 while (1) {
   // Wait for a client connection
   sd_copy = accept(sd,
        (struct
        sockaddr*)&theclient,
        &clientlen);
   if (sd_copy == -1) {
     perror("accept");
     exit(1);
   }

   // Start worker thread
   pthread_create(&td, NULL, worker,
         (void *)&sd_copy);
 }

 exit(0);
}
```

Въпроси?