IPC - cz. 2
Synchronizacja POSIX

Ostatnia modyfikacja: 13.03.2019

Mechanizmy IPC Systemu V

	Kolejki komunikatów	Pamięć wspólna	Semafory
Plik nagłówkowy	**<sys/msg.h>**	**<sys/shm.h>**	**<sys/sem.h>**
Tworzenie/ otwieranie	**msgget()**	**shmget()**	**semget()**
Operacje sterujące	**msgctl()**	**shmctl()**	**semctl()**
Operacje komunikacji	**msgsnd()** **msgrcv()**	**smat()** **shmdt()**	**semop()**

- Trwałość obiektów IPC Systemu V to tzw. **trwałość jądra** (*kernel persistence*) – obiekty istnieją do **przeładowania systemu** lub do **jawnego usunięcia**
- **Przestrzeń nazw**:
  - Obiekty są globalne (jedna przestrzeń nazw dla wszystkich procesów)
  - Klucz typu **key_t** (liczba całkowita dodatnia) identyfikuje obiekt w systemie. Zalecany sposób generacji:

    key_t ftok(const char *pathname, int id);
  - Po otwarciu obiekt jest dostępny przez **identyfikator obiektu** IPC Systemu V; identyfikator jest unikalny w ramach jednego mechanizmu IPC

Prawa dostępu do obiektów IPC

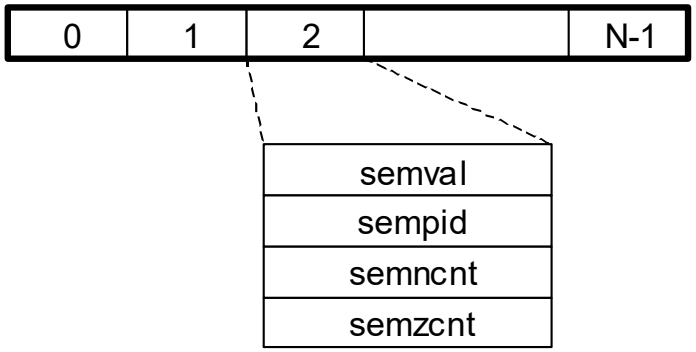
Dla każdego obiektu IPC jądro systemu przechowuje strukturę (patrz **<sys/ipc.h>, svipc(7)**) opisującą prawa dostępu:

```
struct ipc_perm {
  uid_t uid;   /* UID użytkownika – właściciela */
  gid_t gid;   /* GID użytkownika – właściciela */
  uid_t cuid;  /* UID użytkownika – twórcy  obiektu */
  gid_t cgid;  /* GID użytkownika – twórcy obiektu */
  mode_t mode; /* tryby dostępu (RWXRWXRWX) */
  ulong_t seq; /* (SVR4) numer kolejny, zwiększany o 1
                  przy każdym usunięciu obiektu
                  o danym kluczu */
  key_t key;   /* klucz */
};
```

Sprawdzenia praw dostępu dokonuje się **przy każdej** operacji na obiekcie IPC.

Semafory IPC UNIX System V

- Z każdym obiektem semaforowym jest związany unikalny identyfikator oraz struktura danych typu **semid_ds** (opis dalej), zawierająca atrybuty obiektu.
- Obiekty semaforowe IPC UNIX System V zawierają **tablice semaforów**



- Z każdym semaforem (elementem tablicy) związane są następujące liczniki:
  semval - wartośc licznika semafora
  sempid - PID procesu który ostatnio wykonywał operację na semaforze
  semncnt - liczba procesów czekających, aż zwiększona zostanie wartość licznika semafora (**semval**)
  semzcnt Liczba procesów czekających aż licznik semafora osiągnie wartość zero
  semadj - wartość dodawana do semafora przy kończeniu procesu. Wartość **semadj** zmienia się przy każdej operacji semaforowej wykonywanej w trybie **SEM_UNDO**

Tworzenie/dołączanie semaforów IPC

- Do tworzenia i otwierania dostępu do tablic semaforów IPC Systemu V służy wywołanie o postaci:

```
int semget(key_t key, size_t size int oflag)
```

oflag jest kombinacją wartości określających prawa dostępu (RW-RW-RW-) oraz IPC_CREAT, IPC_EXCL (patrz IPC cz. 1).

Funkcja zwraca całkowitoliczbowy identyfikator obiektu, który jest wykorzystywany przez proces do realizacji operacji na obiekcie. Identyfikator jest unikalny dla wszystkich semaforów IPC w całym systemie.

Uwagi:

- Tak jak dla **shmget** i **msgget** wywołanie **semget** z argumentem **key** równą stałej **IPC_PRIVATE** daje gwarancję, że jest tworzony nowy, unikatowy obiekt IPC. Nie istnieje żadna kombinacja **pathname** i **id** w wywołaniu **ftok()**, która tworzy klucz o wartości **IPC_PRIVATE**
- Wartość początkowa semafora jest nieokreślona. W niektórych systemach (np. Linux) wartość początkowa jest równa 0, ale nie należy na tym polegać przy pisaniu przenośnych programów.

Tworzenie i otwieranie obiektów IPC – c.d

Rezultat wywołania **semget**() zależy od parametru wywołania **oflag** (i oczywiście od praw dostępu do zestawu semaforów).

Argument **oflag**	Obiekt o podanym kluczu nie istnieje	Obiekt o podanym kluczu istnieje
Brak spec. sygnalizatorów	Błąd, **errno==ENOENT**	w porządku, wskazanie istniejącego obiektu
IPC_CREAT	w porządku, utworzenie nowego wpisu	w porządku, wskazanie istniejącego obiektu
IPC_CREAT | IPC_EXCL	w porządku, utworzenie nowego wpisu	błąd, **errno==EEXIST**

Modyfikacja własności semaforów IPC

```
int semctl(int semid, int num_sem, int command,
      union semun arg);
```

Funkcja zwraca normalnie 0, bądź –1 gdy wystąpił błąd (kod błędu w **errno**)

semid, num_sem - identyfikator obiektu i numer semafora do którego odnosi się
command - kod polecenia do wykonania:

IPC_STAT - umieszcza w **arg.buf** dane o stanie semafora

IPC_SET - ustawia prawa dostępu (**sem_perm.uid**, **sem_perm.gid**, **sem_perm.mode**) zgodnie z wartościami w **arg.buf**. Polecenie dostępne dla procesu z **EUID==0**, albo ==**sem_perm.cuid**, albo ==**sem_perm.uid**, gdzie **sem_perm** jest strukturą systemową (**semid_ds**) skojarzoną z **semid**.

IPC_RMID - **bezzwłocznie** kasuje tablicę semaforów. budząc procesy oczekujące na te semafory

GETVAL - zwraca wartość semafora (pole semval) w **arg.array**

GETALL - umieszcza wartości pól **semval** w tablicy **arg.array**

SETVAL - ustawia wartość licznika semafora (**semval**) na **arg.val**

SETALL - ustawia wartość pól **semval** wg tablicy **arg,array**

GETCNCNT, **GETCZCNT**, **GETPID** – zwraca odpowiednio wartości pól **semncnt**, **semzcnt**, **sempid** do **arg.val**

Modyfikacja własności semaforów IPC – c.d

Ostatni parametr wywołania funkcji **semctrl** (**arg**) jest unią (którą trzeba samemu zdefiniować w programie):

```
union semun{
        int val; /* używane z SETVAL */
        struct semid_ds *buf; /* używane z IPC_STAT, IPC_SET */
        unsigned short *array; /* używane z GETVAL,GETALL, SETALL */
} arg;
```

Definicja struktury **semid_ds** zawiera co najmniej trzy pola: (patrz semctl(2))

```
struct ipc_perm  sem_perm;   /* struktura z prawami dostępu */
ushort_t         sem_nsems;  /* długość wektora semaforów */
time_t           sem_otime;  /* znacznik czasu ostatniej operacji (semop) */
```

Przykład: tworzenie i inicjacja semafora

Należy utworzyć nowy **pojedynczy** semafor o wartości początkowej **10**

```
key_t key;
union semun arg;
key=ftok(name,getpid())
if (key == (key_t)-1) { /* error handling */ . . . }
arg.val=10;
semid=semget(key,1,IPC_CREAT | IPC_EXCL | 0600);
if (semid==-1) {
    if (errno==EEXIST){
        fprintf(stderr,"Semaphore already exists\n");
/* if access to the existing semaphore is needed:
        semid=semget(key,1,0);. . .      */
    } else {/* error handling */ . . . }
} else if (semctl(semid,0,SETVAL,arg)==-1){
      /* error handling */ . . .
}
```

Operacje na semaforach IPC

```
int semop(int semid, struct sembuf *sops,
          size_t nsops);
```

Wykonuje **niepodzielnie zestaw operacji** na obiekcie semaforowym o identyfikatorze **semid**. Normalnie zwraca **0**; a **-1** przy niepowodzeniu (kod błędu w **errno**).

Każda z **nsops** składowych tablicy wskazywanej przez **sops** zawiera:

```
struct sembuf {
    unsigned short sem_num; /* indeks semafora w wektorze */
    short sem_op; /* kod operacji */
    short sem_flg; /* flaga operacji: domyślnie 0.
            IPC_NOWAIT – operacja bez blokowania,
            SEM_UNDO – operacja zostanie odwrócona, jeśli proces się
            zakończy (semadj-=sem_op) */
}
```

Operacje na semaforach IPC

- Operacje:
  - **sem_op < 0**
    - Zmniejsza wartość semafora o **|sem_op|**
    - Wstrzymuje proces, gdy wartość semafora**< |sem_op|**
  - **sem_op > 0**
    - Zwiększa wartość semafora o **sem_op**
  - **sem_op == 0**
    - Oczekuje na wartość semafora **== 0**
- **Przykład**: **zajęcie** semafora (operacja **czekaj**)

```
struct    sembuf    lock = {0, -1, SEM_UNDO };
if(semop(semid, &lock, 1)<0) {
     perror("lock"); ...
}
```

- **Przykład**: **zwolnienie** semafora (operacja **sygnalizuj**)

```
struct    sembuf    unlock = {0, 1, 0 };
if(semop(semid, &unlock, 1)<0){
     perror("unlock"); ...
}
```

Przykład

```
. . .
union semun{int val; struct semid_ds. *buf, ushort_t *array; };
int s_init(char *name, int cnt) {/* creation of a single semaphore or
attaching to existing onew; always setting its value to cnt */
int semid;
key_t key;
union semun arg;
  if( (key= ftok(name, 1))==(key_t -1)){ perror("key"); exit(1); }
  semid = semget(key, 1, IPC_CREAT | 0600);
  /* NOTE: we do not care if a new semaphore was created or we
   * use existing semaphore. Anyway its value is set to cnt */
  arg.val=cnt;
  if(semctl(semid,0,SETVAL,arg)<0){   perror("sem_init"); exit(1); }
  return semid;
}
void s_wait(int semid) {/* standard semaphore operation: wait */
    struct sembuf s;
    s.sem_num = 0; s.sem_op = -1; s.sem_flg = SEM_UNDO;
    if(semop(semid, &s, 1) < 0) { perror("sem_wait"); exit(1);}
}
void s_post(int semid) {{/* standard semaphore operation: post */
    struct sembuf s;
    s.sem_num = 0; s.sem_op = 1; s.sem_flg = SEM_UNDO;
    if(semop(semid, &s, 1) < 0) { perror("sem_post"); exit(1);}
}
```

Przykład – c.d.

```
static int  flag;
void display(int semid, char c) {
    int i;
    if(flag) s_wait(s);
    for (i = 0; i < 5; i++) {/* begin of the critical section */
        printf("%c", c); fflush(stdout); sleep(1);
    }/* end of the critical section */
    if(flag) s_post(s);
}
int main(int argc, char *argv[]){
    int semid;
    if(argc>1) flag=1;
    semid = s_init("semprog",1); // semprog file has to exist !!
    if (fork() == 0) { // Child process
        for (;;) display(semid, '1');
        return(0);
    }
    for (;;) display(semid, '2');
    return(0);
}
```

Wywołanie bez parametrów => **flag==0** => brak ochrony sekcji krytycznej.
Wywołanie z dowolnym parametrem => **flag==1** => ochrona sekcji krytycznej (wyświetlanie liczb na stdout). Co się stanie, gdy wywołać program w dwóch oknach terminala? Dlaczego?

Mechanizmy POSIX IPC

	Kolejki komunikatów	Pamięć wspólna	Semafory
Plik nagłówkowy	**<mqueue.h>**	**<sys/mman.h>**	**<semaphore.h>**
Tworzenie/ otwieranie/usuwanie	**mq_open(), mq_close(), mq_unlink()**	**shm_open(), shm_unlink()**	**sem_open() sem_close(), sem_unlink(), sem_init(), sem_destroy()**
Operacje sterujące	**mq_getattr(), mq_setattr()**	**ftruncate(), fstat()**	
Operacje komunikacji	**mq_send() mq_receive(), mq_notify()**	**mmap() munmap()**	**sem_wait(), sem_trywait(), sem_post(), sem_getvalue()**

- Trwałość obiektów POSIX IPC to tzw. **trwałość jądra** za wyjątkiem **semafora w pamięci**, który ma **trwałość procesu** (*proces persistence*) – obiekt istnieje tak długo jak jest dostępna procesom pamięć w której przebywa, chyba że zostanie wcześniej jawnie zniszczony (**sem_destroy()**)

Semafory nazwane POSIX – przestrzenie nazw i identyfikatorów

- Nazwane semafory POSIX są związane z nazwą (argument **name** wywołania funkcji **sem_open()**).
  - POSIX nie wymaga, by nazwa była widoczna w systemie plików czy była dostępna dla funkcji systemowych korzystających z nazw ścieżkowych.
  - Parametr **name** musi spełniać wymagania nazwy ścieżkowej (*pathname*).
    - Jeśli **name** rozpoczyna znak ‚/', to każdy proces wywołujący **sem_open( )** z taką nazwą wskazuje na ten sam semafor – póki nie zostanie usunięty z systemu,
    - Jeśli **name** nie rozpoczyna znak ‚/' – konsekwencje zależą od implementacji.
    - Konsekwencje wielokrotnego wystąpienia w nazwie znaku ‚/' zależą od implementacji.
- Linux wymaga nazw postaci **/somename** (nie dłuższych niż {NAMELEN-4} bajtów). Semafory nazwane przechowywane są w wirtualnym systemie plików, normalnie montowanym pod **/dev/shm**, przy czym nazwy mają postać **sem.somename**.
- Dokumentacja Linux semaforów POSIX: **sem_overview(7)**

Semafory nazwane – tworzenie, otwieranie

```
sem_t  *sem_open(const char *name, int oflag
      /* , mode_t mode, unsigned int value */);
```

Funkcja zwraca wskaźnik na strukturę semafora; w przypadku błędu zwraca **(sem_t)(SEM_FAILED)**, po ustawieniu kodu błędu w **errno** .

Parametry:

name - nazwa semafora.

oflag - określa tryb dostępu (**O_RDONLY, O_WRONLY, O_RDWR, O_CREAT, O_EXCL**). Jeżeli tworzony jest nowy semafor wymagane są dwa dodatkowe parametry wywołania:

mode - prawa dostępu (**r** i **w** – jak dla plików)

value - początkowa wartość semafora

Uwagi:

- Wywołanie **sem_open()** jest przerywane przez asynchroniczną obsługę sygnału w procesie wywołującym **sem_open()** .
- Maks. liczba semaforów: **{SEM_NSEM_MAX}** (>=256), maks. Wartość semafora**: {SEM_VALUE_MAX}** (>=32767), patrz **<unistd.h>**

Odłączenie/usunięcie semafora

- Jeśli proces nie potrzebuje dostępu do semafora powinien go zamknąć:

```
int sem_close(sem_t *sem);
```

- Semafor o danej nazwie (**name**) można zaznaczyć do usunięcia: :

```
int sem_unlink(char *name);
```

Uwaga: Funkcja usuwa natychmiast jedynie nazwę semafora z systemu, ale semafor jest naprawdę usunięty, gdy zostanie odłączony (przez wywołanie **sem_close** ()) przez wszystkie procesy, które go wcześniej dołączyły.

Operacje czekaj i sygnalizuj

- Blokujące i nieblokujące wykonanie operacji czekaj **wait** :

```
int sem_wait(sem_t * sem);
int sem_trywait(sem_t * sem);
```

- Wykonanie operacji sygnalizuj:

```
int sem_post(sem_t * sem);
```

- Aktualną wartość semafora można uzyskać przez wywołanie :

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

Nienazwane semafory POSIX

- Nienazwane semafory są przechowywane w strukturze **sem_t** , dostęp do tej struktury musi być zorganizowany przez współpracujące wątki czy procesy. Inicjacja struktury z nadaniem wartości początkowej **value** :

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

Jeśli **shared==0** – to semafor jest współdzielony przez wątki jednego procesu; w przeciwnym przypadku jest współużytkowany przez procesy..

- Usunięcie semafora przechowywanego w strukturze danych wskazywanej przez **sem** :

```
int sem_destroy(sem_t * sem);
```

Wykorzystywanie usuniętego semafora ma nieokreślone skutki – aż do ponownej inicjalizacji przez **sem_init(…)** .

- Operacje semaforowe (wait/post) wykonywane są przez te same funkcje (**sem_wait()** and **sem_post()**) , które są używane dla semaforów nazwanych.

Inne obiekty synchronizacji POSIX

- **Muteks/zamek** (*mutex*)
- **Zmienna warunku** (*Condition variable)*
- **Bariera** (*barrier*)
- **Zamek czytelników-pisarza/odczytu-zapisu** *(Read-Write Lock)*

Inne obiekty synchronizacji POSIX: muteks

- **Muteks** (zamek). Obiekt synchronizacji, który umożliwia wykluczenie dostępu do sekcji krytycznej. Wątek, który zajął muteks staje się jego czasowym właścicielem. Tylko wątek-właściciel może zwolnić muteks – przez co inny wątek może muteks zająć.
- Podstawowe operacje:
  - Zajęcje muteksu (zablokowanie dostępu do sekcji krytycznej dla innych)

```
int pthread_mutex_lock(pthread_mutex_t *mp);// blocking
int pthread_mutex_trylock(pthread_mutex_t *mp);// non-bl.
```

  - Zwolnienie muteksu (odblokowanie dostępu do sekcji krytycznej)

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

Sposób użycia muteksu:

```
lock
// sekcja krytyczna: kod, który powinien mieć wyłączny dostęp
// do współdzielonych danych
unlock
```

Tworzenie i inicjacja muteksu

- Tworzenie muteksu o domyślnych atrybutach

```
pthread_mutex_t mutex=PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;
```

- Nadawanie muteksów początkowych atrybutów

```
int pthread_mutex_init (
        pthread_mutex_t *mp,// ptr to mutex
        const pthread_mutexattr_t *mattr);// ptr to attributes
```

- Niszczenie muteksu

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

Atrybuty muteksu

- Domyślna inicjacja struktury atrybutów muteksu

```
int pthread_mutexattr_init(pthread_mutexattr_t *mattr);
```

Informacja o odczycie/modyfikacji atrybutów: `man pthread_mutexattr_destroy`
Liczba atrybutów zależy od implementacji.

Niektóre atrybuty muteksów w systemie Linux (non-RT):

`pshared` muteks może (albo nie może) być współdzielony przez procesy
`type : NORMAL` muteks nie wykrywa blokady (deadlock) kiedy wątek próbuje zająć zajęty muteks
`ERRORCHECK` muteks sprawdzający poprawność użycia
`RECURSIVE` możliwe jest wielokrotne zajmowanie tego samego muteksu przez jeden wątek, ale wymaga to wielokrotnego odblokowowywania – by muteks stał się wolny

- Niszczenie (unieważnianie) struktury atrybutów

```
int pthread_mutexattr_destroy(pthread_mutexattr_t *mattr);
```

Robust mutex

- Muteksy POSIX mogą mieć atrybut **robustness** (patrz **pthread_mutexattr_setrobust(3)**). Atrybut ten określa zachowanie funkcji obsługujących muteks, gdy zakończy się wątek, który nie zwolnił zajętego przez siebie muteksu.
- Jeśli muteks został inicjowany przez atrybut PTHREAD_MUTEX_ROBUST, a później wątek, który zajął ten muteks (stając się jego przejściowym „właścicielem”) zakończył się bez zwolnienia tego muteksu, to wszystkie następne próby wykonania funkcji **pthread_mutex_lock()** dla tego muteksu zawiodą, zwracając kod EOWNERDEAD, by zwrócić uwagę na to że wątek jest w stanie niespójnym (zajęty muteks ma nieistniejącego właściciela). Zwykle w tej sytuacji kandydat na właściciela powinien wywołać funkcję **pthread_mutex_consistent()** na muteksie, by naprawić jego stan – przed próbą wykonania jakiejkolwiek innej operacji.
- Jeśli kandydat na następnego właściciela spróbuje jednak zwolnić muteks przy pomocy wywołania funkcji **pthread_mutex_unlock()** - zanim naprawi jego stan – muteks stanie się trwale nieużyteczny („popsuty”). Wszystkie następne próby jego zajęcia przy pomocy wywołania **pthread_mutex_lock()** zawiodą z kodem błędu ENOTRECOVERABLE. Jedyna dozwolona (mogąca się wykonać poprawnie) operacja, to wywołanie dla popsutego muteksu funkcji **pthread_mutex_destroy( ).**

Zmienna warunku

- **Zmienna warunku** – Obiekt synchronizacji, który pozwala wątkowi zawiesić wielokrotnie wykonanie, dopóki warunek związany ze zmienną stanie się prawdziwy. Wątek zawieszony w ten sposób nazywany jest zablokowanym przez zmienną warunku.”
- Tworzenie zmiennej warunku (CV) z domyślną inicjalizacją:

```
pthread_cond_t cond=PTHREAD_COND_INITIALIZER;
```

- Inicjalizacja CV:

```
int pthread_cond_init (
        pthread_cond_t *cond,  // ptr to CV
        const pthread_condattr_t *mattr); // ptr to attributes
```

- Niszczenie CV

```
int pthread_cond_destroy( pthread_cond_t *cond);
```

Zmienna warunku

- Zmienna warunku zawsze współpracuje z muteksem.

```
int pthread_cond_wait ( pthread_cond_t *cv ,
            pthread_mutex_t *mutex ) ;
```

Wywołanie pthread_cond_wait() nierozdzielnie (atomowo):

- zwalnia **mutex** oraz
- rozpoczyna blokowanie wątku na zmiennej warunku poniższych.

Po pomyślnym powrocie z funkcji pthread_cond_wait() muteks jest ponownie zajęty przez wątek wywołujący.

- Wywołanie poniższych funkcji powoduje odblokowanie wątków zablokowanych na zmiennej warunku **cond**

```
int pthread_cond_broadcast(pthread_cond_t * cond); /* all */
int pthread_cond_signal(pthread_cond_t * cond); /* >= 1 */
```

Jeżeli aktualnie nie ma wątków zablokowanych na zmiennej warunku – powiadomienie o odblokowaniu nie powoduje żadnych skutków (teraz i w przyszłości).

Schemat użycia cv+mutex

```
pthread_cond_t cv=PTHREAD_COND_INITIALIZER;
pthread_mutex_t mutex ;
volatile sig_atomic_t condition_is_false =1;
pthread_mutex_lock (&mutex ) ;
while ( condition_is_false ) {/* sprawdzenie warunku */
        int ret = pthread_cond_wait (&cv , &mutex ) ;
        if ( ret ) { . . . . /* error */ }
}
. . .    /* główna część kodu sekcji krytycznej,
             wykonywana pod ochroną mutex-u */
pthread_mutex_unlock (&mutex ) ;
```

```
. . .
pthread_mutex_lock (&mutex ) ;
condition_is_false =0; /* zmiana warunku
                          pod ochroną mutex-u */
pthread_cond_signal (&cv );/* sygnalizacja */
pthread_mutex_unlock (&mutex ) ;
. . .
```

Przykład: „Hello world” z CV

```
pthread_mutex_t prt_lock = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;
pthread_cond_t prt_cv = PTHREAD_COND_INITIALIZER;
int prt = 0;
void *hello_thread(void *arg){
        pthread_mutex_lock(&prt_lock);
        printf("hello ");
        prt = 1;
        pthread_cond_signal(&prt_cv);
        pthread_mutex_unlock(&prt_lock);
        return (NULL);
}
void *world_thread(void *arg){
        pthread_mutex_lock(&prt_lock);
        while (prt == 0)
                pthread_cond_wait(&prt_cv, &prt_lock);
        printf("world");
        pthread_mutex_unlock(&prt_lock);
        pthread_exit(0);
}
```

Przykład: „Hello world” z CV – c.d.

```
int main(int argc, char *argv[]){
        int n;
        pthread_attr_t attr;
        pthread_t tid;
        pthread_attr_init(&attr);
        pthread_attr_setdetachstate(&attr,PTHREAD_CREATE_DETACHED);
        if ((n = pthread_create(&tid, &attr, world_thread, NULL)) > 0){
                        fprintf(stderr, "pthread_create: %s\n",
                         strerror(n)); exit(1);
        }
        pthread_attr_destroy(&attr);
        if ((n = pthread_create(&tid, NULL, hello_thread, NULL)) > 0) {
                        fprintf(stderr, "pthread_create: %s\n",
                                        strerror(n)); exit(1);
        }
        if ((n = pthread_join(tid, NULL)) > 0) {
                fprintf(stderr, "pthread_join: %s\n", strerror(n));
                exit(1);
        }
        printf("\n");
        return (0);
}
```

Inne obiekty synchronizacji POSIX

- **Bariera** – Obiekt synchronizacji, który pozwala zablokować pewną liczbę wątków w funkcji **pthread_barier_wait** () . Funkcja

```
int pthread_barrier_wait(pthread_barrier_t *barrier);
```

przestaje blokować, gdy określona liczba wątków dotrze do blokady. Jeden z oczekujących wątków otrzymuje z funkcji wartość niezerową (**PTHREAD_BARRIER_SERIAL_THREAD**), a pozostałe: 0, po czym bariera zostaje ustawiona w stan początkowy (taki jak bezpośrednio po wywołaniu funkcji inicjacji: **pthread_barrier_init()**). Funkcja **pthread_barrier_destroy()** niszczy barierę. Patrz **man: thread_barrier_destroy(3P), thread_barrier_wait(3P)**

- **Zamek czytelników-pisarza/odczytu-zapisu (Multiple readers, single writer locks)** umożliwia wielu wątkom na jednoczesny dostęp do współdzielonej danej w trybie odczytu oraz wyłączny dostęp jednemu wątkowi w trybie zapisu. Wątki mogą należeć do jednego procesu, bądź różnych procesów. Ważne jest, by struktura reprezentująca zamek była dla wszystkich współpracujących wątków dostępna w trybie R/W. Patrz: **man pthread_rwlock_rdlock, pthread_rwlock_wrlock, pthread_rwlock_unlock**

Efekty wywołania funkcji systemowych

Typ obiektu	fork()	exec()	_exit()
Sys.V sem	Wszystkie **semadj** w procesie potomnym są zerowane	Wszystkie **semadj** są przenoszone do nowego programu	Wartości wszystkich **semadj** są dodawane do wartości odpowiednich semaforów
nazwane sem. POSIX	Wszystkie otwarte semafory są widoczne w procesie potomnym	Wszystkie semafory są zamykane	Wszystkie semafory są zamykane
nienazwane sem POSIX	Współdzielone, jeśli przechowywane w pamięci wspólnej z atrybutem współdzielenia	Znikają – chyba że są przechowywane w pamięci wspólnej z atrybutem współdzielenia i włączony jest tryb inter-proces sharing	Znikają – chyba że są przechowywane w pamięci wspólnej z atrybutem współdzielenia i włączony jest tryb inter-proces sharing
muteksy, zm. war., blokady rw	j.w.	j.w.	j.w.