Datorteknik och Realtidssystem Fö4

Monitors and Message passing

LINKÖPINGS UNIVERSITET

Agenda

- Reflektion Lab1
- Kort om Lab2, moduler
- Händelsevariabler
- Structar och dynamisk minnesallokering
- Abstraktion, Monitor
- Barriär med händelsevariabler
- Trådar vs Processer
- Message Passing (meddelandekommunikation)
- Lab3 och Lab4

Reflektion Lab 1

LINKÖPINGS UNIVERSITET

Lab1 : odd_even

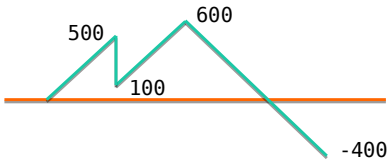
```
int main(void)
{
...
  pthread_create(&disp_thread_handle, NULL, display_thread,0);
  pthread_create(&change_thread_handle, NULL, change_thread,0);
  pthread_create(&exit_thread_handle, NULL, exit_thread,0);

  pthread_join(disp_thread_handle, NULL);
  pthread_join(change_thread_handle, NULL);
  pthread_join(exit_thread_handle, NULL);

  return 0;
}
```

display_thread

```
...
set_number(100);
sem_post(&Sem);
while(1)
{
  ...
}
```

change_thread

```
...
sem_wait(&Sem);
while(1)
{
  for (i=0;i<1000;i++)
    increment_number();
  for (i=0;i<1000;i++)
    decrement_number();
}
```



Även om trådarna startar i en viss ordning, så garanterar inte det att de hinner utföra allt före while-satsen innan nästa tråd börjar arbeta. Lösningen är asymmetrisk synkronisering.

LINKÖPINGS UNIVERSITET

Lab 2, moduler

Lab2 : set_clock med moduler

set_clock program

```
//set_clock.c
#include ”clock.h”
#include ”display.h”
#include ”si_ui.h”
...
void main(
{
  clock_set(12,
  ...
```

clock module

```
//clock.h
```

```
//clock.c
#include ”clock.h”
...
static Clock

void clock_set(int hours,
{
  pthread_mutex_lock(&M,
  Clock.hours = hours;
  ...
```

display module

```
//display.h
```

```
//display.c
#include ”display.h”
```

Makefile

```
#Makefile
all: set_clock
set_clock: set_clock.c ...
     gcc set_clock.c ...
Clean:
     rm –f set_clock ...
```

ui module

```
//si_ui.h
```

```
//si_ui.c
#include ”si_ui.h”
```

comm module

```
//si_comm.h
```

```
//si_comm.c
#include ”si_comm.h”
```

Händelsevariabler

LINKÖPINGS UNIVERSITET

Condition variables - händelsevariabler

Kan användas för att implementera villkorliga kritiska regioner
Tre operationer:

- *Initiering(C, S)* – interna data för villkorsvariabeln *C* initieras, och denna associeras till semaforen *S*
- *Await(C)* – anropande process blir väntande (placeras i väntekö) på *C*, och en Signal-operation görs på *S*
- *Cause* – processer som väntar på *C*, flyttas till att istället vänta på *S*

LINKÖPINGS UNIVERSITET

Initiering och användning av semafor med händelsevariabel

Initiering:

```
pthread_mutex_t mutex;
pthread_cond_t change;
...
// I main():
pthread_mutex_init(&mutex, NULL);
pthread_cond_init(&change, NULL);
...
```

I Simple-OS associeras händelsevariabeln med Semaforen vid initieringen:
`si_cv_init(&change, &Sem)`

Användning:

```
// I process:
pthread_mutex_lock(&mutex);
...
pthread_cond_wait(&change, &mutex);
...
pthread_cond_broadcast(&change);
...
pthread_mutex_unlock(&mutex);
```

I Linux associeras händelsevariabeln med Mutexen vid användningen:
`pthread_cond_wait(&change, &Mutex)`

Observera: Await och Cause behöver alltid ligga innanför/emellan Wait och Signal. I annat fall garanteras inte korrekt funktion (för Await och Cause).

Initiering och användning av semafor med händelsevariabel

Hur associeras händelsevariabeln med semaforen?

- I Linux:
  ```
  pthread_cond_init(&change, NULL);
  pthread_cond_wait(&change, &mutex);
  ```
- I simple OS:
  ```
  si_ev_init(&change, &mutex);
  si_ev_await(&change);
  ```

Det viktiga är att veta ATT händelsevariablen måste associeras med semaforen, inte exakt hur det görs i ett visst operativsystem.

Structar och dynamisk minnesallokering

LINKÖPINGS UNIVERSITET

Struct

```
struct
{
  int first;
  int second;
} variable;
```

```
void main(void)
{
  variable.first = 1;
  variable.second = 2;
  printf(”The struct variables are %d and %d\n”,
    variable.first, variable.second);
}
```

LINKÖPINGS UNIVERSITET

Struct type

```
struct struct_type
{
  int first;
  int second;
};
```

```
void print_struct_type_var(struct struct_type var)
{
  printf(”The struct variables are %d and %d\n”,
    var.first, var.second);
}

void print_struct_type_var_pointer(struct struct_type *var)
{
  printf(”The struct variables are %d and %d\n”,
    var->first, var->second);
}

void main(void)
{
  struct struct_type variable;
  variable.first = 3;
  variable.second = 4;
  print_struct_type_var(variable); // call by value
  print_struct_type_var_pointer(&variable); // call by reference
}
```


Struct typedef

```
typedef struct
{
  int first;
  int second;
} typedef_struct_type;
```

```
void print_typedef_struct_type_var(typedef_struct_type var)
{
  printf(”The struct variables are %d and %d\n”,
    var.first, var.second);
}

void print_typedef_struct_typ_var_pointer(
  typedef_struct_type *var) {
  printf(”The struct variables are %d and %d\n”,
    var->first, var->second);
}

void main(void)
{
  typedef_struct_type variable;
  variable.first = 5;
  variable.second = 6;
  print_typedef_struct_type_var(variable);
  print_typedef_struct_type_var_pointer(&variable);
}
```

Struct typedef med dynamisk allokering

```
typedef struct
{
  int first;
  int second;
} typdef_struct_type;
```

```
typedef typedef_struct_type* str_p_type;

str_p_type init(void) {
  str_p_type var =
    (str_p_type)malloc(sizeof(typedef_struct_type));
  var->first = 7;
  var->second = 8;
  return var;
}

void print_typedef_struct_type_var_pointer(str_p_type var) {
  printf("The struct variables are %d and %d\n",
    var->first, var->second);
}

void main(void) {
  str_p_type variable;
  variable = init();
  print_typedef_struct_type_var_pointer(variable);
}
```


Statisk kontra dynamisk minnesallokering

Statisk	Dynamisk
Alla datastrukturer behöver allokeras som globala variabler	Datastrukturer allokeras med new och/eller malloc
Fördel: Total minnesåtgång är lättberäknad	Fördel: Mer flexibel

Annat värt att beakta:
- Anropsstacken kräver också minnesutrymme
- Dvs rekursiva processer är inte att rekommendera

Abstraktion, Monitor

Data abstraction

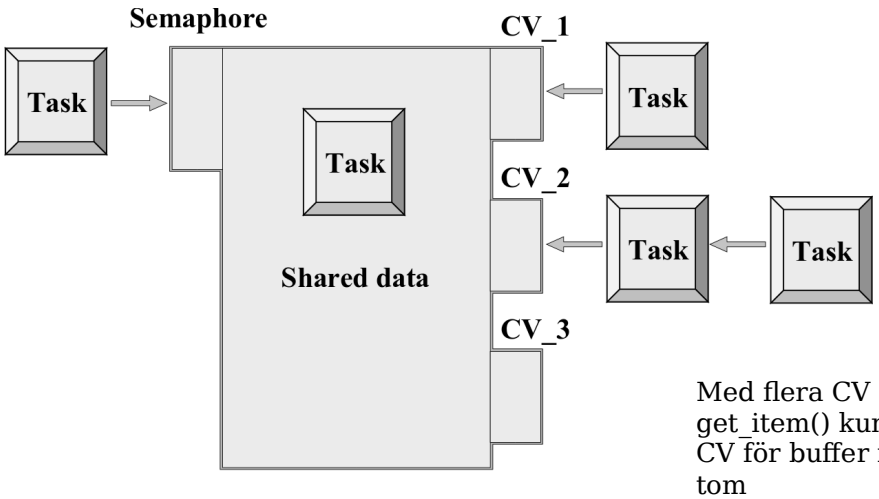
- Vi kan skapa strukturerade datatyper genom att använda en *struct*
- Vi kan skapa *abstrakta* datayper, genom att kräva att all access till datatypen sker via ett urval av funktioner, t ex pekare, punktnotation

- I förra föreläsningen skapade vi *nästan* en s k monitor
- Enligt gängse terminologi krävs en högre abstraktionsnivå för att det ska kallas en monitor

Monitor

- En *monitor* är en abstrakt datatyp med datafält för delade resurser till ett program med processer, och semaforer för att skydda dessa resurser samt noll eller flera händelsevariabler för att kontrollera accessen av resurser i villkorliga kritiska regioner.

Visualisering av en Monitor



Med flera CV skulle put_item() / get_item() kunna effektiviseras, t ex en CV för buffer full och en CV för buffer tom

Producent/konsument-exemplet

```
typedef struct {
   char buffer_data[BUFFER_SIZE];
   int in_pos; // skrivposition
   int out_pos;   // läsposition
   int count;  // antal element i buffern

   pthread_mutex_t mutex;  // semafor
   pthread_cond_t cv_1; // händelsevariabel 1
   pthread_cond_t cv_2; // händelsevariabel 2
} buffer_data_type;

typedef buffer_data_type *buffer_type;
```


Producent/konsument-exemplet

```
// skapa buffer och initiera parametrar
buffer_type create_buffer(void) {
   // skapa buffer
   buffer_type  buffer;
   buffer = (buffer_type) malloc(sizeof(buffer_data_type));
   // initiera buffervariabler
   buffer->in_pos = 0;
   buffer->out_pos = 0;
   buffer->count = 0;
   // initiera mutex och händelsevariabler
   pthread_mutex_init(&buffer->mutex, NULL);
   pthread_cond_init(&buffer->cv_1, NULL);
   pthread_cond_init(&buffer->cv_2, NULL);

   return buffer;
}
```

Producent/konsument-exemplet

```
// buffern!
buffer_type b;

b = create_buffer();
```

`put_item()` och `get_item()` modifieras på motsvarande sätt

Producent/konsument-exemplet

```
void put_item(char item) {
   pthread_mutex_lock(&b->mutex);
   while (b->count == BUFFER_SIZE) {
      pthread_cond_wait(&b->cv_1, &b->mutex);
   }
   b->buffer_data[b->in_pos] = item;
   b->in_pos++;
   if (b->in_pos == BUFFER_SIZE)
      b->in_pos = 0;
   b->count++;
   pthread_cond_broadcast(&b->cv_2);
   pthread_mutex_unlock(&b->mutex);
}
```

cv_1 : ”icke full”

cv_2 : ”icke tom”

Producent/konsument-exemplet

```
char get_item(void) {
   char item;
   pthread_mutex_lock(&b->mutex);
   while (b->count == 0) {
   pthread_cond_wait(&b->cv_2, &b->mutex);
   }
   item = b->buffer_data[b->out_pos];
   b->out_pos++;
   if (b->out_pos == BUFFER_SIZE)
     b->out_pos = 0;
   b->count--;
   pthread_cond_broadcast(&b->cv_1);
   pthread_mutex_unlock(&b->mutex);
   return item;
}
```

cv_2 : ”icke tom”

cv_1 : ”icke full”

Apropos pthread_create

Varför void*?
Hur skickar man argument till en tråd vid uppstart?

Apropos pthread_create()

```
void *do_work(void *arg) {
   int *id = (int *) arg;
   printf(”Hello from thread %d\n”, *id);
}

int main(void) {
   int i;
   pthread_t handle[10];
   for (i=0; i<10; i++) {
     pthread_create(&handle[i], NULL, do_work, (void *) &i);
   }
   for (i=0; i<10; i++) {
     pthread_join(handle[i], NULL);
   }
}
```

```
[void* ?]
Void* är en pekare
Till en obestämd typ,
Dvs ”mottagaren” kan
Välja att tolka på
det sätt den vill.
```

Kommer trådarna att få unika id:n?

Apropos pthread_create()

Problem: Loopen hinner köra vidare innan den skapade tråden läser av variabeln i

Lösning 1:

```
int ids[10];
pthread_t handle[10];
for (i=0; i<10; i++) {
   ids[i] = i;
   pthread_create(&handle[i], NULL, do_work, (void *) &ids[i]);
}
```

Denna lösning fungerar bra om man inte har många trådar och argumentet till tråden inte är minneskrävande

Apropos pthread_create()

Lösning 2: Assymetrisk synkronisering

```
sem_t id_read; // semafor för assymetrisk synkronisering

Void *do_work(void *arg) {
   int *id = (int *) arg;
   printf(”Hello from thread %d\n”, *id);
   sem_post(&id_read);
}

sem_init(&id_read, 0, 0);
int i;
pthread_t handle[10];
for (i=0; i<10; i++) {
   pthread_create(&handle[i], NULL, do_work, (void *) &i);
   sem_wait(&id_read);
}
```

Fungerar bra för minneskrävande argument till tråden, men man får vänta

Apropos pthread_create()

Lösning 3: Meddelanden

```
#include ”messages.h”   // meddelandefunktioner

Void *do_work(void *arg) {
   int *id = (int *) arg;
   printf(”Hello from thread %d\n”, *id);
   int len = message_receive(msgbuf, 4096, PORT_WORK);
}


int i;
pthread_t handle[10];
for (i=0; i<10; i++) {
   pthread_create(&handle[i], NULL, do_work, (void *) &i);
   message_send((char *) &m, sizeof(m), PORT_WORK[i], 0);
}
```

Fungerar bra för minneskrävande argument till tråden, men man får vänta

Barriär

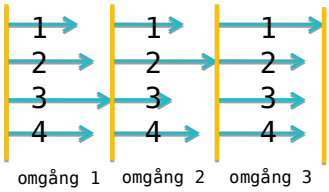
Med händelsevariabler

LINKÖPINGS UNIVERSITET

Barrier med CV

- En barrier kan användas vid parallellprogrammering för att snabba upp beräkningar genom att köra dessa på flera processorer, och som en synkroniseringsmekanism för att invänta resultat vid en gemensam punkt.

Exempel: dela upp ett problem i flera omgångar



Omgång 2 kan inte starta förrän alla är klara i omgång 1, osv.

Barrier används för att se till att alla delproblem i första gruppen är klara innan nästa delproblemgrupp kan startas.

Barrier med CV

Ansats:
Huvudloop för en task (det startas alltså 4 st tasks, t ex i main)

```
void *task(void *unused) {
   int i = 0;
   while (1) {
      printf(”Before do work (%d)\n”, i++);
      do_work();
      barrier1(4);
   }
}
```


Barrier med CV

Första försöket:

```
pthread_mutex_t mutex;
pthread_cond_t cv;
int num = 0; // antal tasks i barriären

void barrier1(int N) {
   pthread_mutex_lock(&mutex);
   num++;
   pthread_cond_broadcast(&cv);         // ny task har anlänt
   while(num < N) {
   pthread_cond_wait(&cv, &mutex);  // ”väntrum”
   }
   num = 0;  // förbered för nästa körning av barrier1()
   pthread_cond_broadcast(&cv);         // task lämnar barriär
   pthread_mutex_unlock(&mutex);
}
```

Vad kommer att hända?

Barrier med CV

Svar:

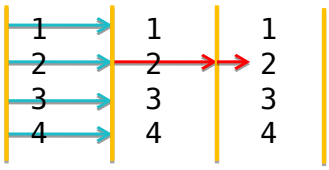
Fungerar inte alls, då den första tråden direkt kommer att sätta num=0 så snart den går ut ur loopen.

Dvs, de övriga trådarna kommer att fastna i barriären eftersom
villkoret `while (num<N)` åter då är uppfyllt.

Barrier med CV

```
void barrier2(int N) {
   pthread_mutex_lock(&mutex);
   num++;
   pthread_cond_broadcast(&cv);        // ny task

   while(num < N && (num != 0)) {
      pthread_cond_wait(&cv, &mutex);  // ”väntrum”
   }

   num = 0;  // förbered nästa körning av barrier2()
   pthread_cond_broadcast(&cv);        // task lämnar
   pthread_mutex_unlock(&mutex);
}
```

⟵Nytt villkor



Ser ut att fungera bra, men vad händer om en ”snabb” tråd hinner anropa `barrier2()` igen, innan övriga trådar lämnat barriären?

Barrier med CV

```
typedef enum {ENTERING, EXITING} barrier_state_t;
barrier_state_t state;
```

```
Void barrier3(int N) {
   pthread_mutex_lock(&mutex);
   while(state == EXITING) {
      pthread_cond_wait(&cv, &mutex);    // ”vänta i kapprummet”
   }
   num++;
   pthread_cond_broadcast(&cv);           // ny task
   while(state == ENTERING) {
      pthread_cond_wait(&cv, &mutex);    // ”väntrum”
      if (num == N) {
         state = EXITING;
         pthread_cond_broadcast(&cv);  // nytt state (behövs egentligen inte)
      }
   }
   num--;  // räkna ner räknaren och ändra till ENTERING-tillståndet
        // när alla är ute från barrier
   if (num == 0) {
      state = ENTERING;
   }
   pthread_cond_broadcast(&cv);           // task lämnar
   pthread_mutex_unlock(&mutex);
}
```


Processer (dvs inte trådar)

Trådar vs Processer

- Trådbaserad applikation: Alla trådar i ett program har samma minnesutrymme. Trådar skapas startas i Linux med funktionen `pthread_create()`.
- Processbaserad applikation: Alla processer har var sitt minnesutrymme. Processer skapas/startas i Linux med funktionen `fork()`.

Hur fungerar fork?

Fork skapar en kopia av originalprocessen (både minnesutrymme och öppna filer) och gör även den nya processen körklar.
I den gamla processen (parent) returnerar `fork` process-id:t för den nya processen. I den nya processen returnerar `fork` värdet `0`.

Följande är för övrigt en dålig ide:

```
while(1) {
   fork();
}
```

Hur skapas en process som kör en viss funktion?

// parent process (new_pid!=0)

```
int main(...) {
   pid_t new_pid = fork();
   if (!new_pid) {
   // child process
   sender();
   } else {
   // parent process
   receiver();
   }
   return 0;
}
```

// child process (new_pid==0)

```
int main(...) {
   pid_t new_pid = fork();
   if (!new_pid) {
   // child process
   sender();
   } else {
   // parent process
   receiver();
   }
   return 0;
}
```

Funktionen fork() skapar en kopia av hela programmet och alla dittills förekommande variabl
Därefter har de båda processerna separata/egna minnesutrymmen.

Kommunikation mellan processer

Problem: Hur kan processer kommunicera när de inte kan titta i samma datastruktur?

Exempelvis

- Filer
- Signaler (t ex Ctrl-C skickar SIGINT-meddelande)
- Semaforer (kan skapas i variant som använder gemensamt minne)
- Meddelanden
  - Sockets (Exempelvis TCP/IP)
  - Pipes
  - Posix Message Queues (används i lab 4)

Message Passing

LINKÖPINGS UNIVERSITET

Message passing / Meddelandekommunikation

- Det är ofta vettigt att abstrahera kommunikation mellan tasks med hjälp av meddelanden istället för att direkt läsa/skriva i delade variabler

- Message passing (MP) kontra delat minne (DM):
- DM: Kommunikation mellan trådar sker via delade variabler
  * Data läses/skrives på plats av trådar. Accessmönstret påverkas av:
    -Operativsystemet
    -Andra aktiviteter på systemet
    -Annan hårdvara på systemet (som använder bussen)
    -Karakteristik hos processorn (cachemissar, branch prediction m m)

- MP: All kommunikation mellan tasks sker via ett fåtal funktioner
  * Data måste kopieras mellan tasks (mycket overhead)
  * Underlättar dock ofta felsökning (man kan ofta skriva en process så att beteendet enbart beror på inkommande meddelanden)

Message passing

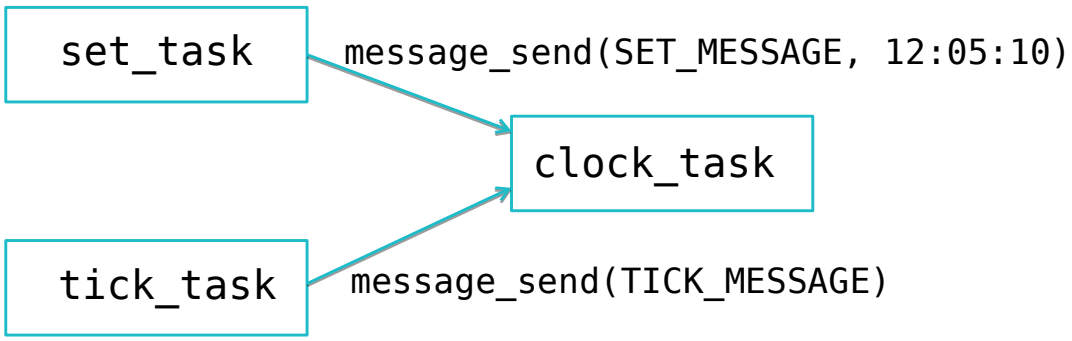
Funktioner: (ingår i messages.c / messages.h i uppgift 4)

```
int message_receive(char *msg, int length, int queueid);
// Tar emot meddelanden på angiven meddelandekö, returnerar längden.
// Meddelanden skrivs till buffern msg och får max vara längden length.
// Blocking (väntar på ett meddelande innan den returnerar)


void message_send(char *msg, int length, int queueid, int priority);
// Skickar meddelandet i buffern msg av längden length till angivet
// queue-id med angiven prioritet.
// Non-blocking (om det finns plats i kön, annars blocking)
```

Implementationen av messages liknar put_item/get_item

Message passing

Exempel: Klocka med message passing (jfr med Lab 1)



Message passing

```
struct message {
   int type;
   int hours;
   int minutes;
   int seconds;
};

#define TICK_MESSAGE 0
#define SET_MESSAGE 1

#define QUEUE_CLOCK 0
```


Message passing


```
// clock_task loop:
while(1) {
   char buf[1024];
   int length = message_receive((char *) &buf, 1024, QUEUE_CLOCK);
   struct message *msg;
   msg = (struct message *) buf;
   if (length != sizeof(struct message)) {
   panic(”Internal error: Wrong message size”);
   }
   // Notera: inga lås krävs nedan
   switch(msg->type) {
   case TICK_MESSAGE:
   increment_time(&time);
   display_time(&time);
   break;
   case SET_MESSAGE:
   time.hours = msg->hours;
   time.minutes = msg->minutes;
   time.seconds = msg->seconds;
   break;
   default;
   error(”Unknown message”);
   }
}
```

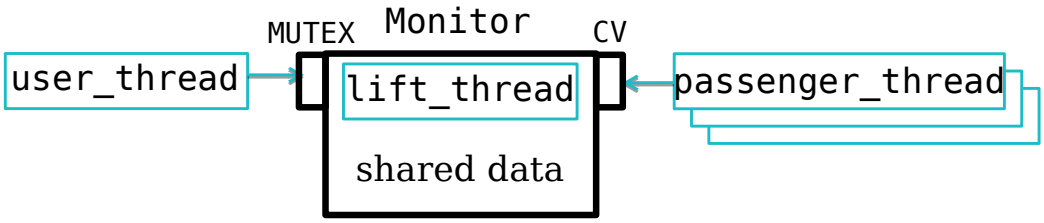
Message passing

```
// tick_task loop

while(1) {
   msg.type = TICK_MESSAGE;
   // resterande fält i msg används ej
   message_send((char *) &msg,
                sizeof(struct message,QUEUE_CLOCK, 0);
   usleep(1000000); // wait until är bättre
}
```


Lab3, Lab4

Lab3 : Monitor

Implementera ett hiss-system med flera trådar som använder en monitor för att skydda gemensamma resurser.



Tips till uppgift 3: valgrind och gdb

- Använd valgrind, vilket kan upptäcka ”vissa” kapplöpningsproblem (race conditions):

```
valgrind --tool=helgrind ./dittprogram
```

- Om du får segmentation fault:

```
gdb ./dittprogram
r
(vänta på krasch)
bt
```

Nu kan man se en så kallad backtrace för kraschen.

Apropos Spurious Wakeup

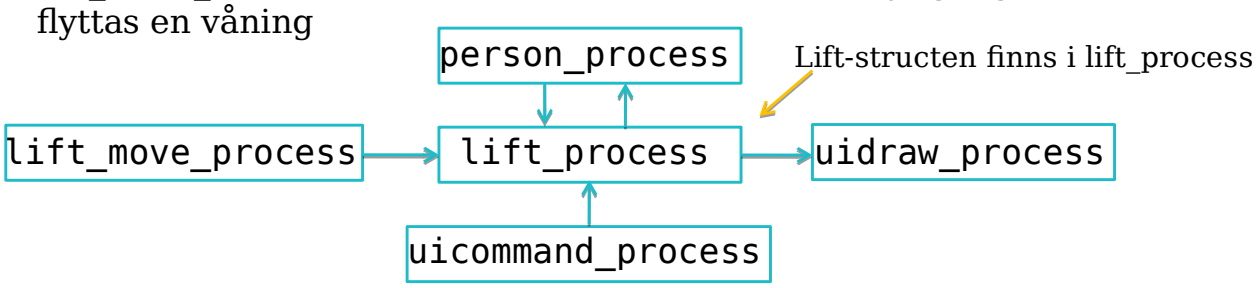
Följande kod är **ej** garanterad att fungera:

```
if (villkor()) {
   pthread_cond_wait(&cv, &mutex);
}
```

- Enligt pthreads-standarden kan pthread_cond_wait i sällsynta fall returnera trots att ingen kört `pthread_cond_broadcast()`!
  Så kallade Spurious Wakeups.
- Spurious Wakeups möjliggör optimeringar (speciellt på system med många kärnor).
- VIKTIGT: **Använd alltid** `while(`*villkor()*`)` med händelsevariabler!
- Notering: Man kan inte göra asymmetrisk synkronisering med pthread_cond_wait resp pthread_cond_broadcast.

Lab4 : Message passing

person_process skickar ett TRAVEL-meddelande till lift_process:
* Skapa en person på våning X och skicka ett TRAVEL_DONE till mig när personen nått sin våning Y.
* lift_move_process skickar MOVE-meddelanden varje gång hissen ska flyttas en våning



Notering: draw_lift får bara anropas från en process. Detta sker ifrån uidraw_process. (Lift-strukturen skickas till uidraw-processen som ett meddelande.)

Info

Kanske för många föreläsningar i schemat

- 13/12 troligen ingen föreläsning
- Mail skickas efter föreläsning 7 ifall föreläsning 8 ställs in

www.liu.se

LINKÖPINGS UNIVERSITET