TDIU16 – Semaforen

Om att vänta – men inte i onödan

Filip Strömbäck, Klas Arvidsson

LINKÖPING UNIVERSITY

Planering

Vecka	Fö/Se	Lab
13	Fö: C + Syscall	C[1], intro
14	Fö + Se: Semaforen (+påsk)	systemanrop
15	Fö: Lås, cond	Processhantering
16	-	Processhantering
17	Fö: Låsimplementation	Processhantering
18	Fö: Deadlock	Synkronisering
19	Se: Deadlock + tenta	Synkronisering, säkerhet
20	-	Säkerhet

[1] lämpligt att demonstrera första passet

Hur körs ett trådat program?

Operativsystemets syn:

- Trådar körs ”parallellt” med varandra
- Använder time-sharing och/eller flera CPU-kärnor

$\Rightarrow$ Olika trådar kör ”en bit” i taget

Kompilatorns syn:

- All kod är enkeltrådad om vi inte anger något annat

$\Rightarrow$ Gör att kompilatorn kan generera effektiv kod

Exempel: Summering av fält

```
// En stor array fylld med ettor.
int array[2_000_000] = {1, 1, 1, 1, ...};

// Variabler för att lagra summor och delsummor.
int sum = 0, suml = 0, sumh = 0;

// Två funktioner som summerar var sin del.
void sum_low();
void sum_high();
```

Exempel: Summering av fält

```
void sum_low() {
    for (int i = 0; i < 1_000_000; i++)
        suml += array[i];
}

void sum_high() {
    for (int i = 0; i < 1_000_000; i++)
        sumh += array[i + 1_000_000];
}
```

Exempel: Summering av fält

```
int main() {
    thread_create(sum_low, ...);
    thread_create(sum_high, ...);
    sum = suml + sumh;
    printf("Summa: %d\n", sum);
    return 0;
}
```

Exempel: Summering av fält

```
int main() {
    thread_create(sum_low, ...);
    thread_create(sum_high, ...);
    sum = suml + sumh;
    printf("Summa: %d\n", sum);
    return 0;
}
```

Vad blir resultatet?

Summering av fält (EJ OK)

```
void sum_low() {
    for (int i = 0; i < 1_000_000; i++)
        suml += array[i];
    has_suml = true;
}

void sum_high() {
    for (int i = 0; i < 1_000_000; i++)
        sumh += array[i + 1_000_000];
    has_sumh = true;
}
```

Summering av fält (EJ OK)

```
int main() {
    thread_create(sum_low);
    thread_create(sum_high);
    while (!has_suml)
        ;
    while (!has_sumh)
        ;
    sum = suml + sumh;
    printf("Summa: %d\n", sum);
    return 0;
}
```

Hur mycket CPU-tid behövs?

Summering av fält (EJ OK)

```
int main() {
    thread_create(sum_low);
    thread_create(sum_high);
    while (!has_suml)
        ;
    while (!has_sumh)
        ;
    sum = suml + sumh;
    printf("Summa: %d\n", sum);
    return 0;
}
```

Hur mycket CPU-tid behövs? Busy wait! Ej OK!

Ett järnvägsproblem

- Järnvägsknut med två spår österut, ett västerut
- Ett X2000 kommer västerifrån och fortsätter mot sydost klockan 16:10 enligt tidtabell
- Ett godståg kommer från nordost och fortsätter västerut

Du är lokförare på godståget. Klockan är 16:15 när du är framme vid knuten. Vad gör du när du kommer fram? Kör? Väntar? Hur länge?

Bron runt en bergstopp

En liten gångbro går runt en bergstopp

- Bron är lång, smal, och inte särskilt stadig
- Du kan inte se hela bron på samma gång
- Bron kan bära max 5 personer åt gången

Går du ut på bron? Väntar du? Hur länge?

Dörrvakten

- Har order uppifrån pga brandregler:
  - Släpp in max N personer
- Garanterar att det aldrig är fler i lokalen än order
- Kommer fler måste de vänta tills det finns plats
- Måste hålla koll på både hur många som kommer och hur många som går

Semaforen

- Har order från programmeraren pga resursbegränsning eller krävd händelseordning:
  - Släpp in max N trådar
- Garanterar att det aldrig är fler insläppta än order
- Kommer fler trådar måste de vänta tills det finns plats
- Anropas både vid insläpp (`down`) och utsläpp (`up`)

Semaforen i Pintos

```
#include "threads/sync.h"

struct semaphore sema;

// Initiera semaforen till N resurser
sema_init(&sema, N);

// Försök räkna ner, väntar kanske
sema_down(&sema);

// Räkna upp, väcker trådar som väntar
sema_up(&sema);
```

Andra funktionsnamn

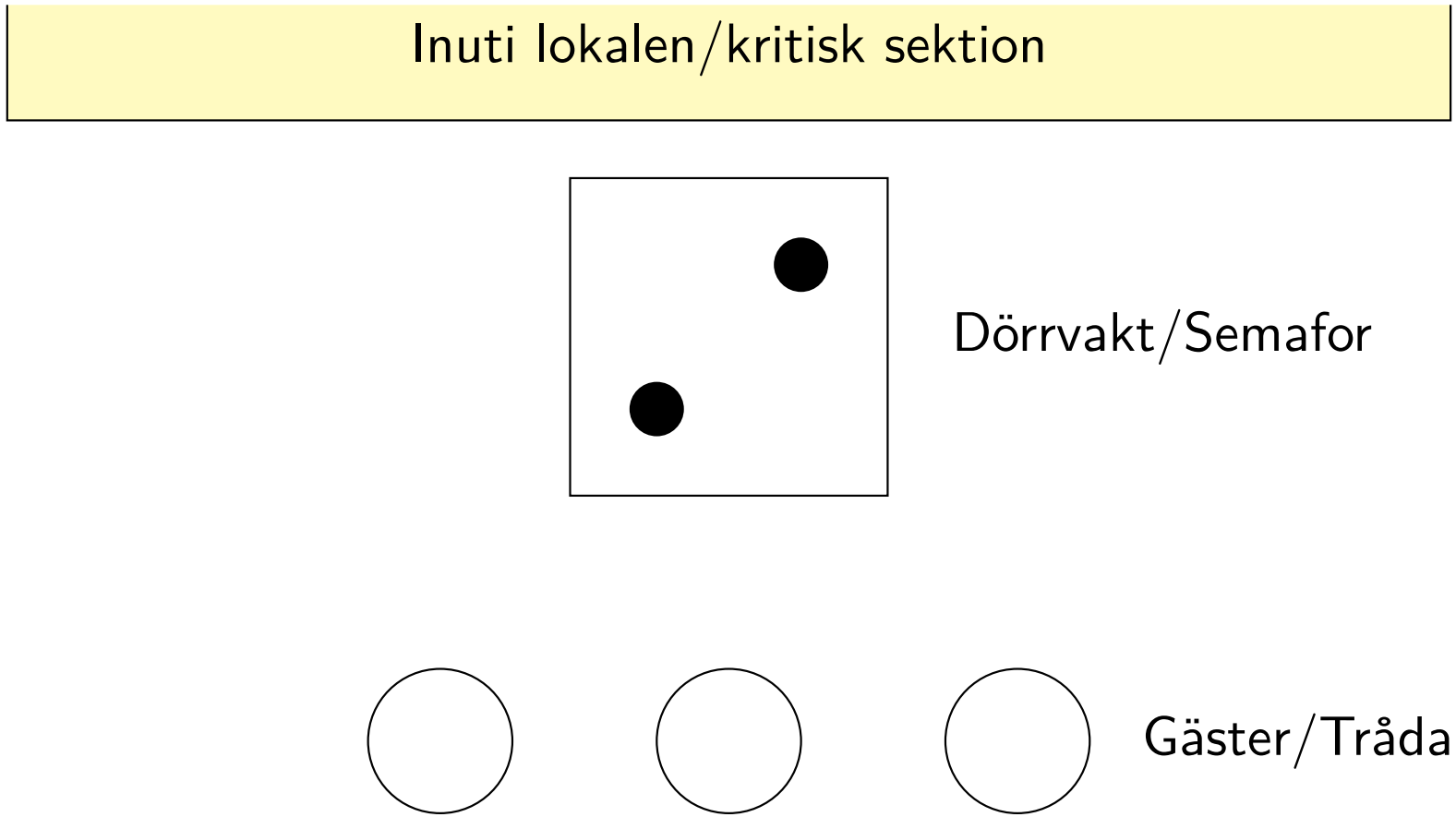
- För att räkna ner eller vänta

`P()`	Proberen, ursprungligt
`Wait()`	Mer beskrivande
`Down()`	Pintos, bättre?

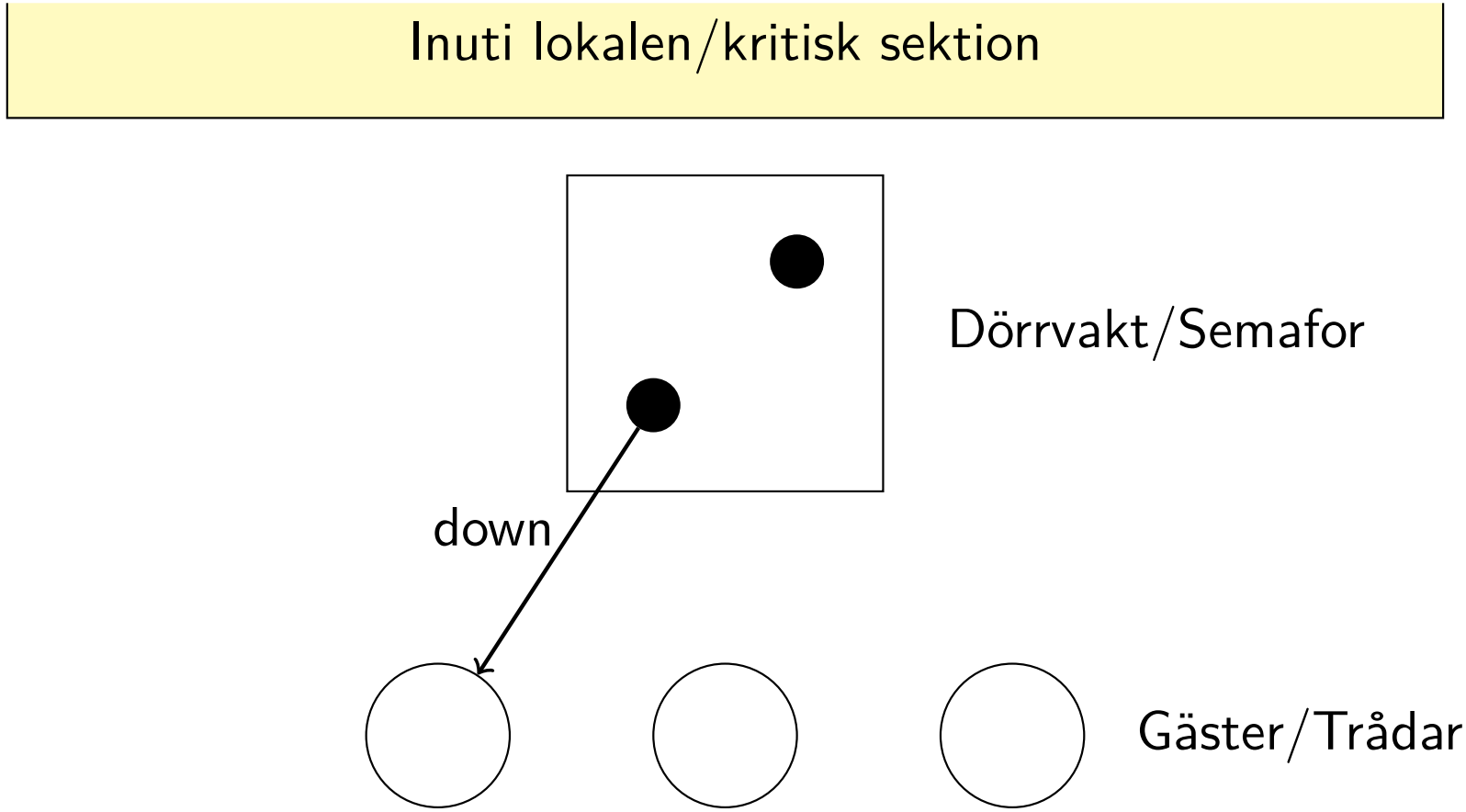
- För att räkna upp och signalera

`V()`	Verhogen, ursprungligt
`Signal()`	Mer beskrivande
`Up()`	Pintos, bättre?

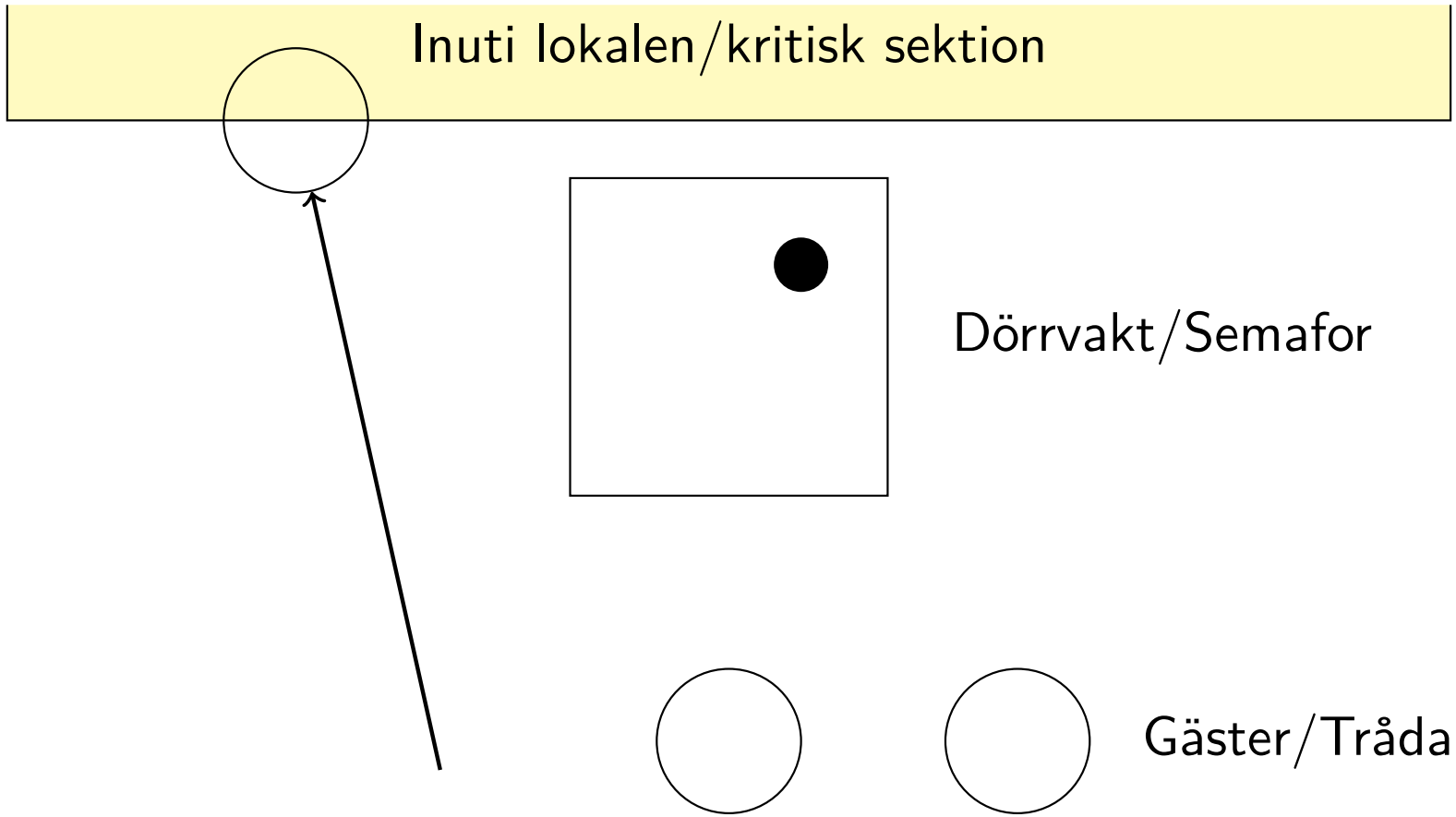
Exempel


Inuti lokalen/kritisk sektion
Dörrvakt/Semafor
Gäster/Trådar

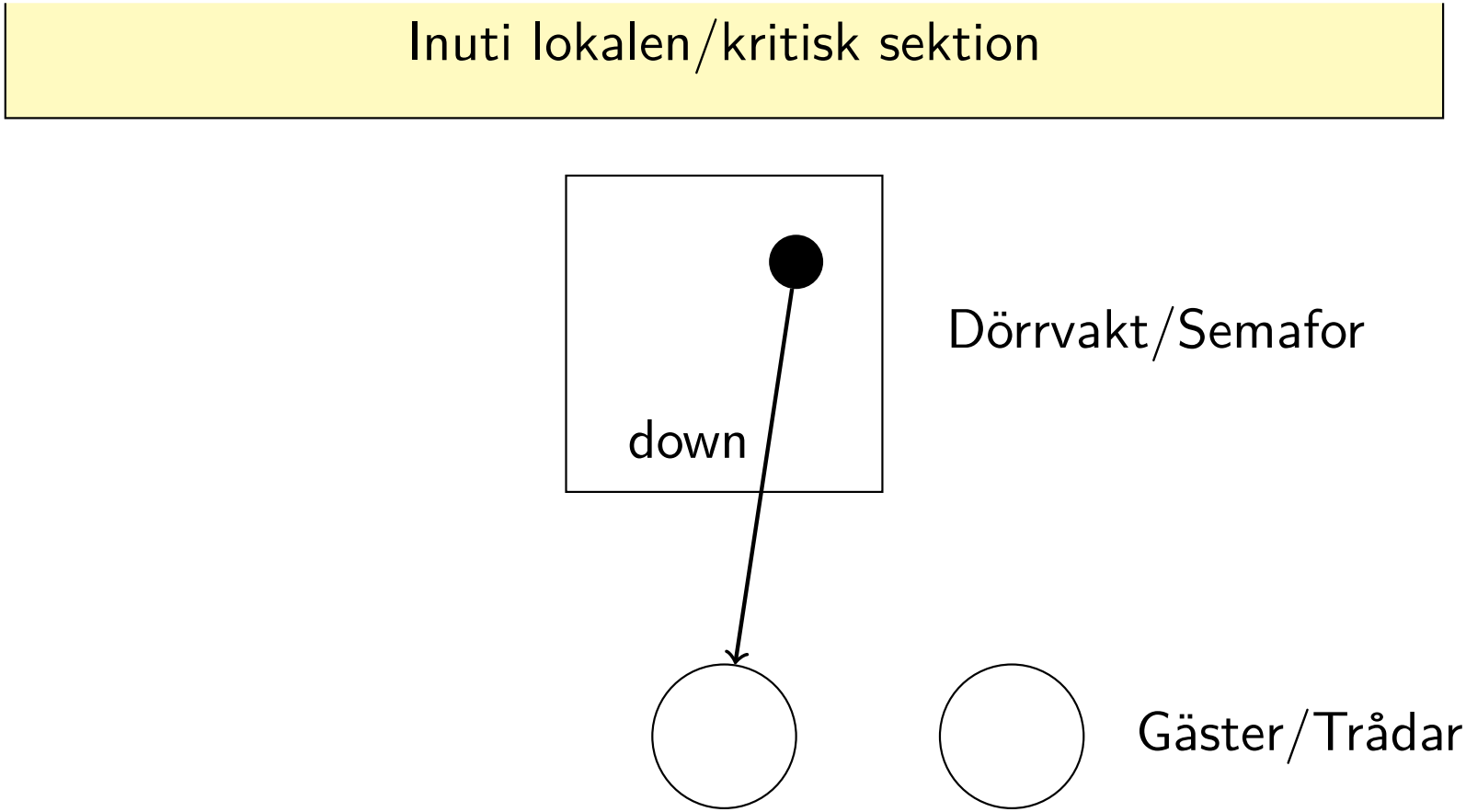
Exempel


Inuti lokalen/kritisk sektion
Dörrvakt/Semafor
down
Gäster/Trådar

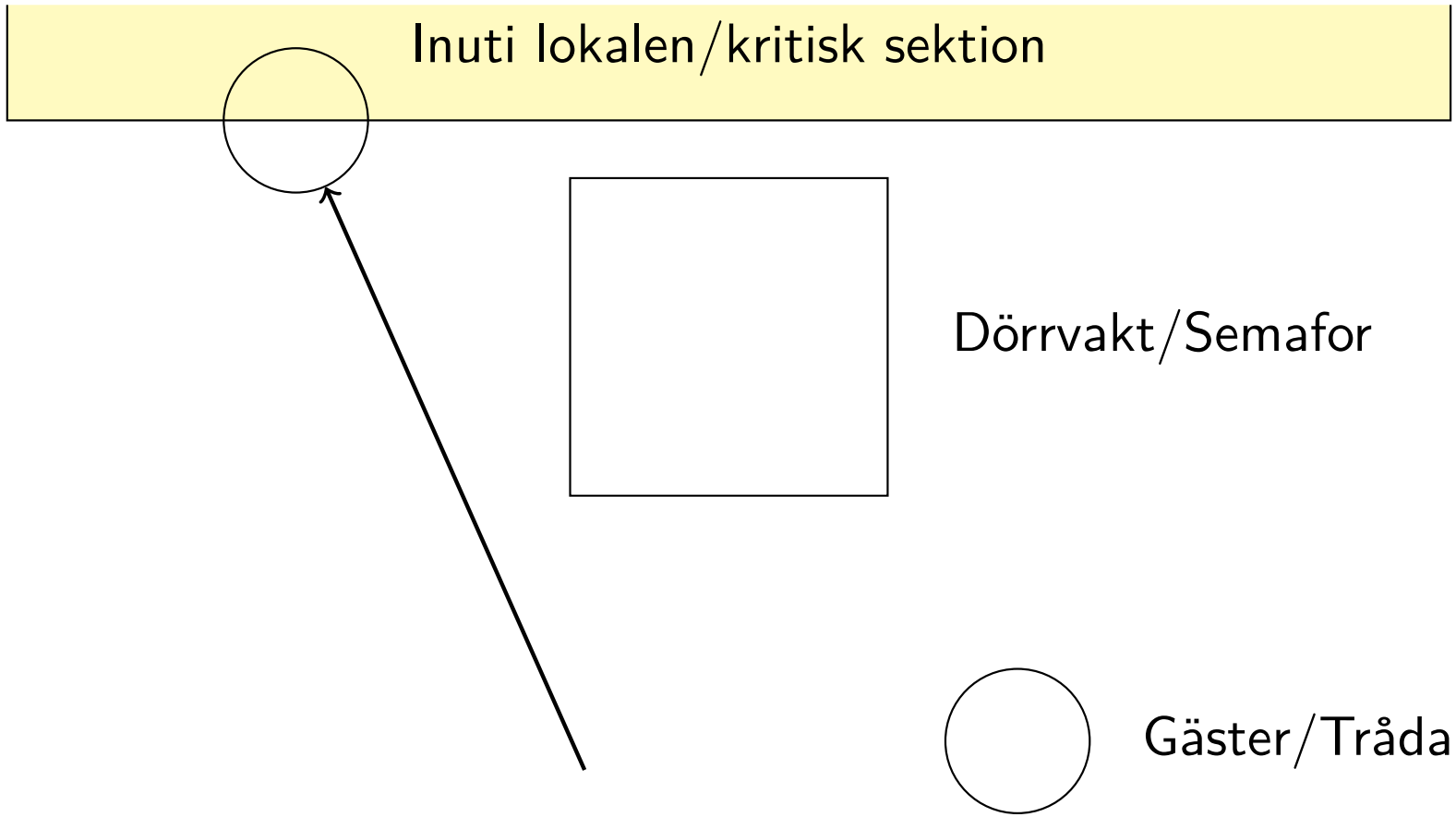
Exempel


Inuti lokalen/kritisk sektion
Dörrvakt/Semafor
Gäster/Trådar

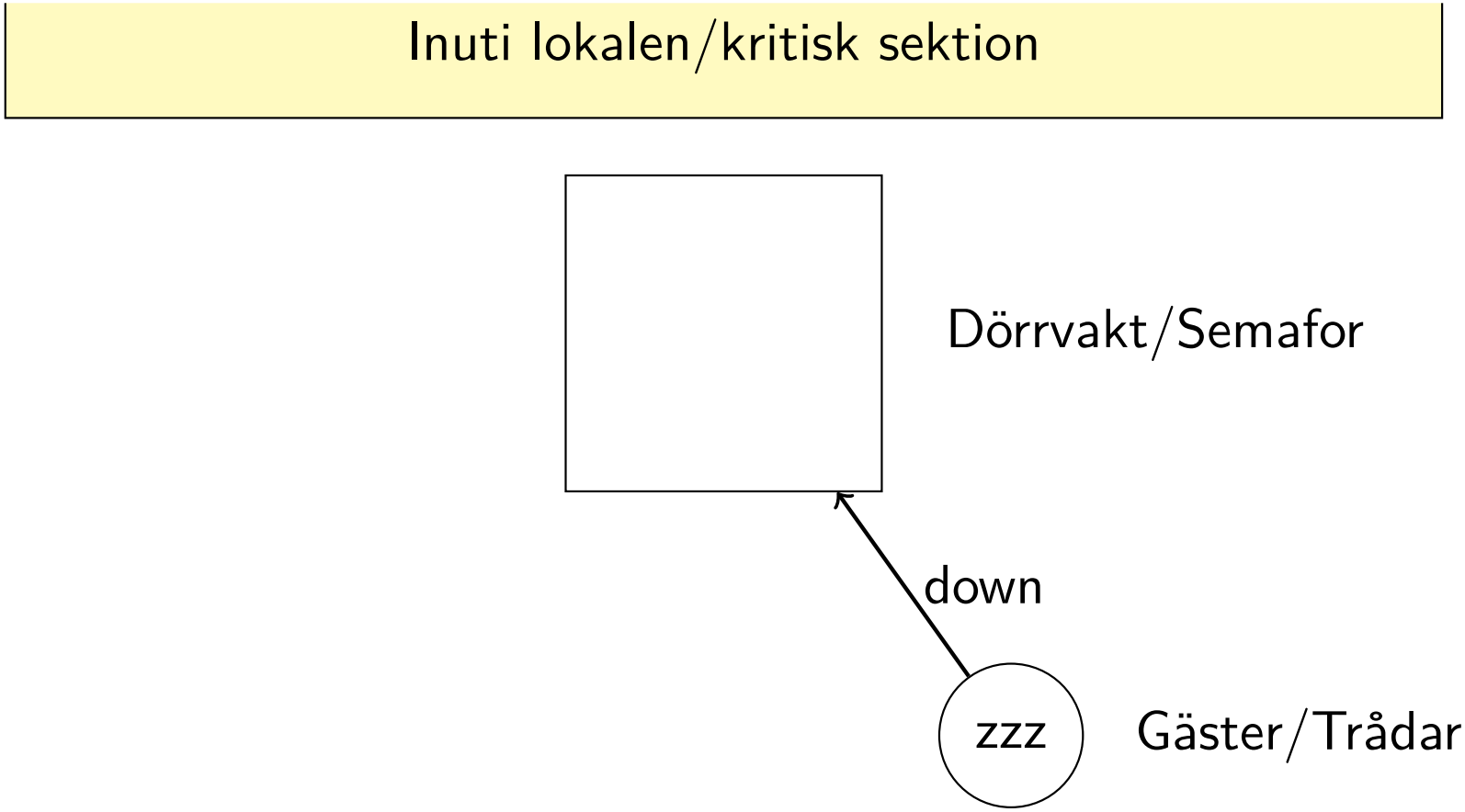
Exempel


Inuti lokalen/kritisk sektion
down
Dörrvakt/Semafor
Gäster/Trådar

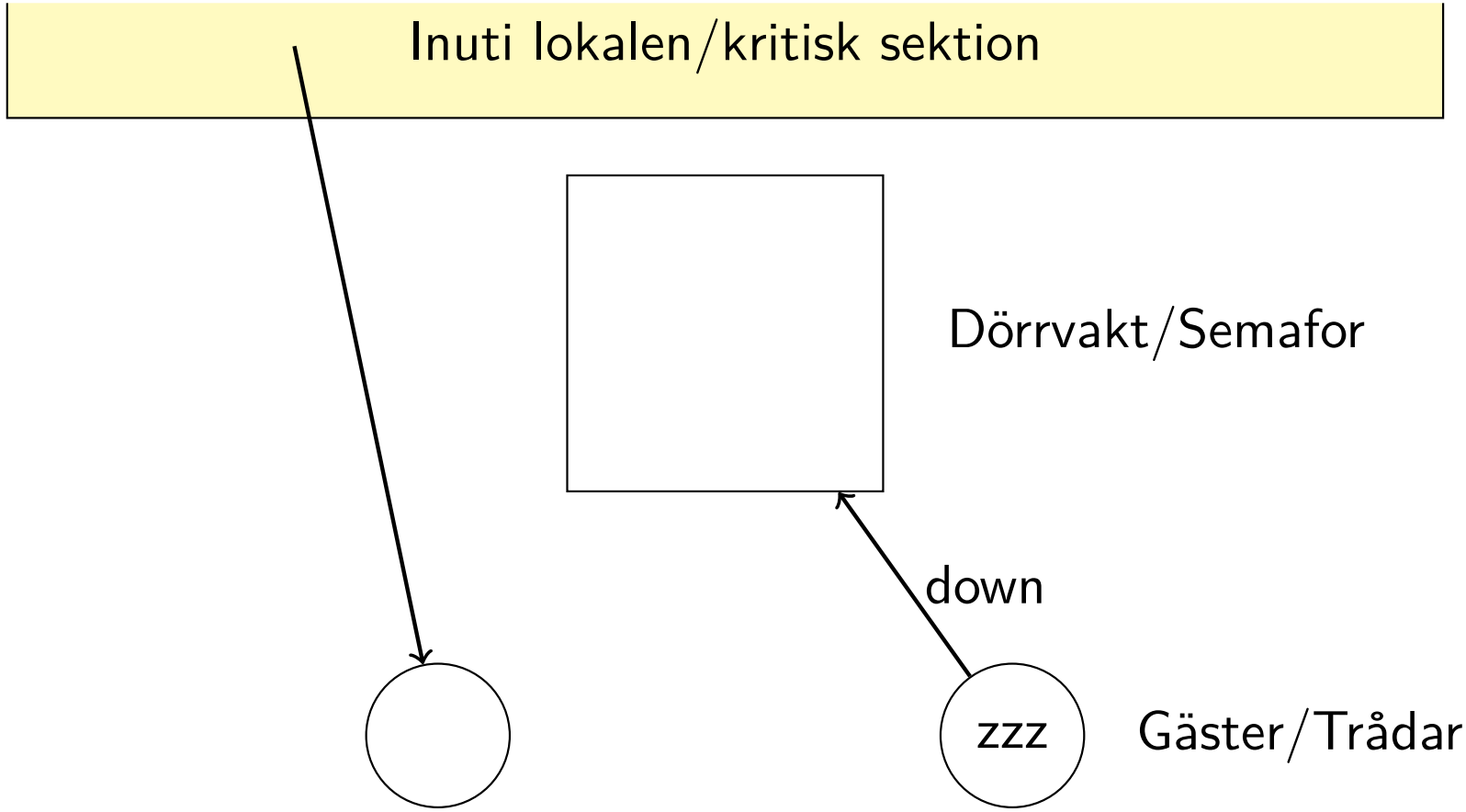
Exempel


Inuti lokalen/kritisk sektion
Dörrvakt/Semafor
Gäster/Trådar

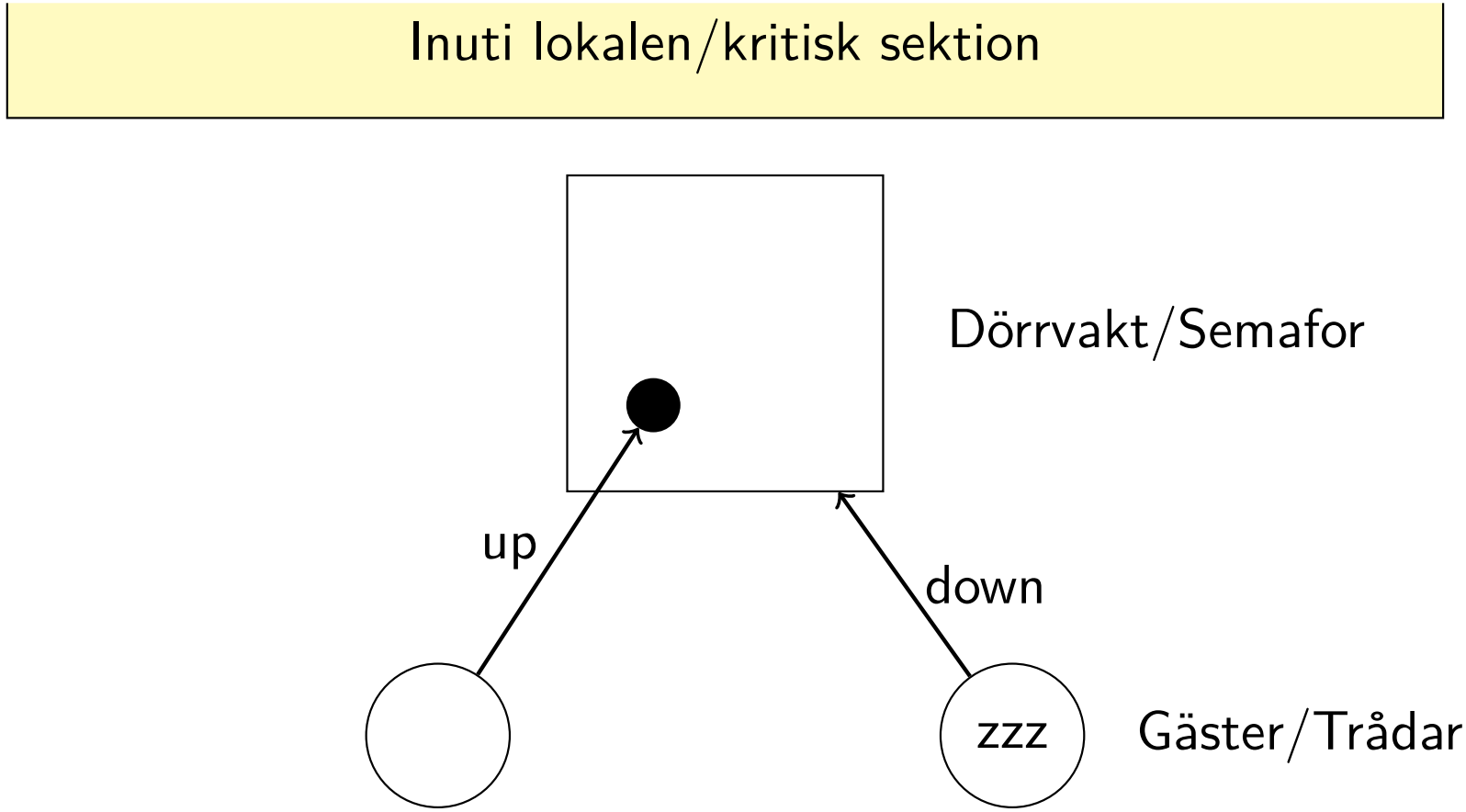
Exempel


Inuti lokalen/kritisk sektion
Dörrvakt/Semafor
down
zzz
Gäster/Trådar

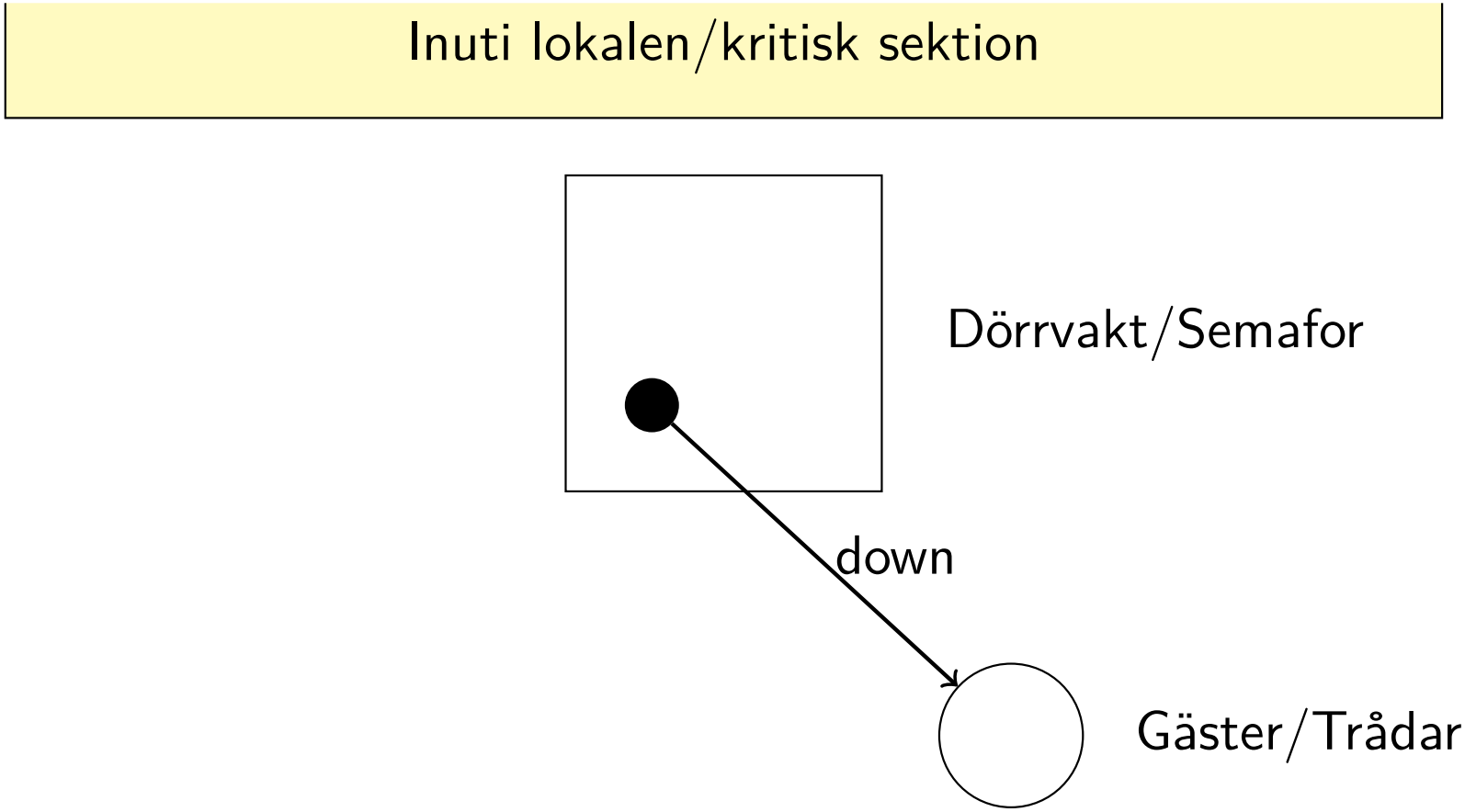
Exempel


Inuti lokalen/kritisk sektion
Dörrvakt/Semafor
down
zzz
Gäster/Trådar

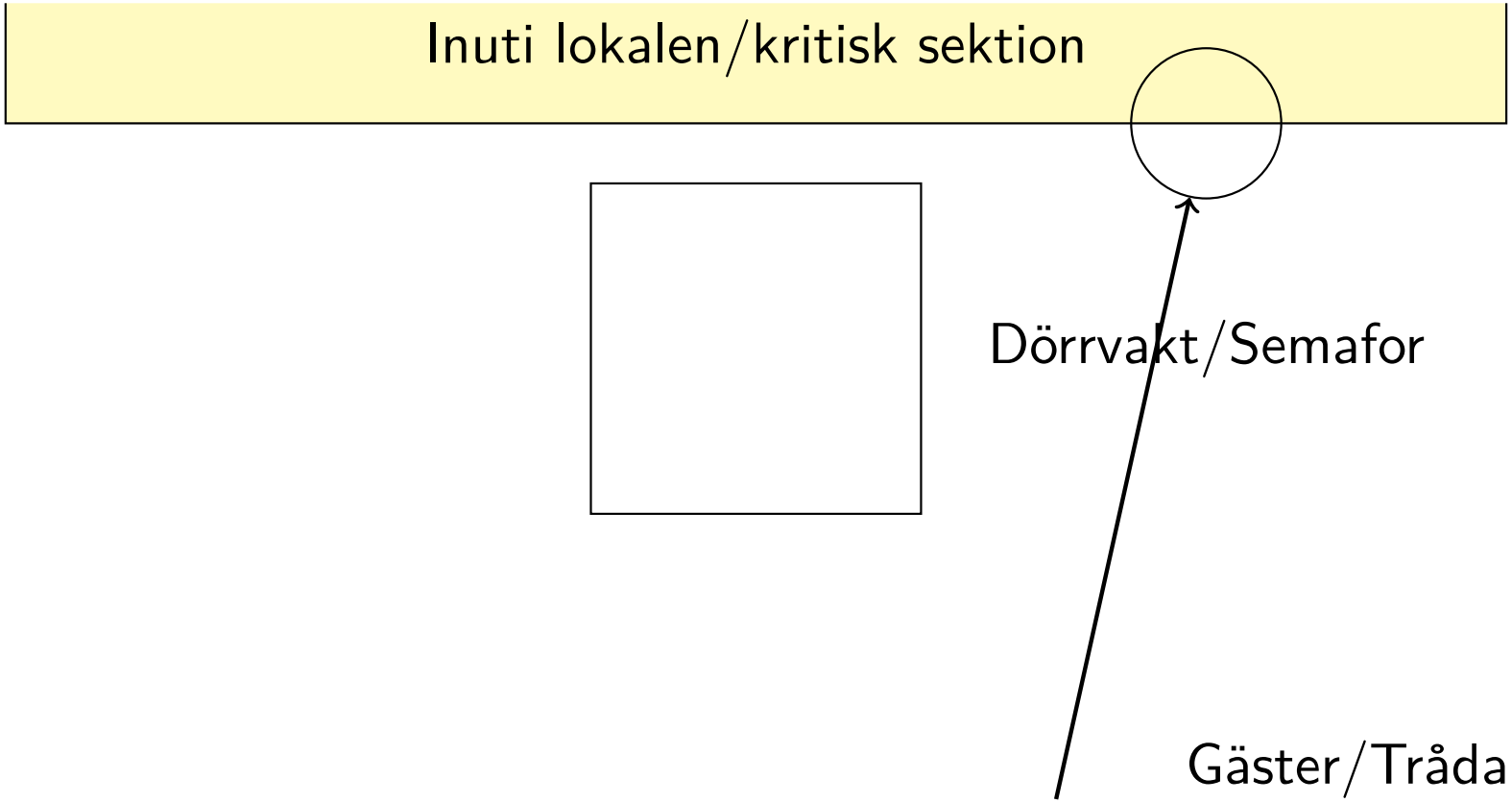
Exempel


Inuti lokalen/kritisk sektion
Dörrvakt/Semafor
up
down
zzz
Gäster/Trådar

Exempel


Inuti lokalen/kritisk sektion
Dörrvakt/Semafor
down
Gäster/Trådar

Exempel


Inuti lokalen/kritisk sektion
Dörrvakt/Semafor
Gäster/Trådar

Binär semafor

- Har två lägen (d.v.s. binär) 1 och 0
- Talar om ifall en händelse har inträffat eller inte
  - X2000 har passerat
- Talar om ifall en resurs är tillgänglig eller inte
  - Spåret västerut är fritt
- Kan starta på vilket läge som helst

Summering av fält (OK)

```
void sum_low() {
    for (int i = 0; i < 1_000_000; i++)
        suml += array[i];
    sema_up(&has_suml);
}

void sum_high() {
    for (int i = 0; i < 1_000_000; i++)
        sumh += array[i + 1_000_000];
    sema_up(&has_sumh);
}
```

Summering av fält (OK)

```
int main() {
    sema_init(&has_suml, 0);
    sema_init(&has_sumh, 0);
    thread_create(sum_low);
    thread_create(sum_high);

    sema_down(&has_suml);
    sema_down(&has_sumh);
    sum = suml + sumh;
    printf("Summa: %d\n", sum);
    return 0;
}
```

Behöver vi två semaforer?

Behöver vi två semaforer?

```
int main() {
    sema_init(&has_sums, /* ??? */);
    thread_create(sum_low);
    thread_create(sum_high);

    // Hur ska vi vänta?

    sum = suml + sumh;
    printf("Summa: %d\n", sum);
    return 0;
}
```

Behöver vi två semaforer? (OK)

```
int main() {
    sema_init(&has_sums, 0);
    thread_create(sum_low);
    thread_create(sum_high);

    for (int i = 0; i < 2; i++)
        sema_down(&has_sums);
    sum = suml + sumh;
    printf("Summa: %d\n", sum);
    return 0;
}
```

Behöver vi två semaforer? (FEL)

```
int main() {
    sema_init(&has_sums, 2); // Finns inget ännu...
    thread_create(sum_low);
    thread_create(sum_high);

    // FEL: Väntar inte. 'has_sums' är redan 2.
    sema_down(&has_sums);
    sum = suml + sumh;
    printf("Summa: %d\n", sum);
    return 0;
}
```

Räknande semafor

- Räknar *antalet* **tillgängliga** resurser
- Avgör när en användare av resursen måste vänta
  - När antalet är noll
- Avgör när användaren kan sluta vänta
  - När antalet blir ett eller mer
- En utökning av en *binär semafor*
  - Kan göra allt som binära semaforer kan, och mer

Räknande semafor

- Väntar bara då vi försöker räkna ner en semafor som redan är 0
- Vi kan alltså inte använda den för att räkna upptagna resurser. Då skulle vi...
  - ...räkna upp när en resurs förbrukas, dvs. sluta vänta när en resurs förbrukas... (FEL)
  - ...räkna ner när en resurs blir ledig, dvs. kanske vänta på något som precis blev ledigt... (FEL)

Bounded Buffer

- En applikation som ska skyffla data mellan två (eller fler) nätverkskort
  - En tråd tar emot data och lägger till i en kö
  - En tråd läser data från kön och skickar vidare
- Kön (buffer) har begränsad (bounded) storlek
  - Vad gör vi om kön är full när vi skall lägga till mer data?
  - Vad gör vi om kön är tom när vi ska läsa data?

Bounded Buffer

```
typedef unsigned char byte;
const int SIZE = 256;

struct Buffer {
    int buffer[SIZE];
    byte rpos = 0, wpos = 0;
    int free = SIZE;
};

int  get(struct Buffer *b);
void put(struct Buffer *b, int data);
```

Bounded Buffer (EJ KOMPLETT)

```
int get(struct Buffer *b) {
    if (b->free == SIZE)
        /* Vad gör vi här? */;
    ++b->free;
    return b->buffer[b->rpos++];
}

void put(struct Buffer *b, int data) {
    if (b->free == 0)
        /* Vad gör vi här? */;
    --b->free;
    b->buffer[b->wpos++] = data;
}
```

Bounded Buffer (EJ OK)

```
int get(struct Buffer *b) {
    while (b->free == SIZE)
        ;
    ++b->free;
    return b->buffer[b->rpos++];
}

void put(struct Buffer *b, int data) {
    while (b->free == 0)
        ;
    --b->free;
    b->buffer[b->wpos++] = data;
}
```

Bounded Buffer (OK)

```
typedef unsigned char byte;
const int SIZE = 256;

struct Buffer {
    int buffer[SIZE];
    byte rpos = 0, wpos = 0;
    struct semaphore free = SIZE;
    struct semaphore filled = 0;
};

int  get(struct Buffer *b);
void put(struct Buffer *b, int data);
```

Bounded Buffer (OK)

```
void get(struct Buffer *b) {
    sema_down(&b->filled);
    int r = b->buffer[b->rpos++];
    sema_up(&b->free);
    return r;
}

void put(struct Buffer *b, int data) {
    sema_down(&b->free);
    b->buffer[b->wpos++] = data;
    sema_up(&b->filled);
}
```

Flera trådar?

- Fortfarande inte OK om mer än en tråd läser eller mer än en tråd skriver. Varför?
  - Flera olika trådar som kör samtidigt
  - Gemensam data som används samtidigt
- Vad händer när olika trådar samtidigt modifierar gemensam data?
  - Fundera på `i++`
  - Fundera på ordningen av de två sista raderna i *Bounded buffer (EJ OK)*.
- Mer på nästa föreläsning!

Summering av fält igen (nästa fö)

`sumh` och `suml` $\Rightarrow$ `sum`

```
void sum_low() {
    for (int i = 0; i < 1_000_000; i++)
        sum += array[i];
}

void sum_high() {
    for (int i = 0; i < 1_000_000; i++)
        sum += array[i + 1_000_000];
}
```

Finns det några problem med denna lösning?

Filip Strömbäck, Klas Arvidsson

www.liu.se