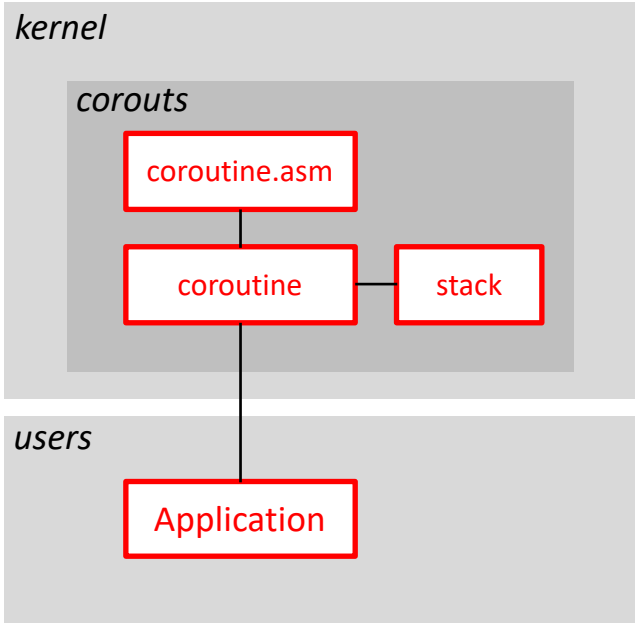
Betriebssystem-Entwicklung

Implementierung von Koroutinen in Rust

Michael Schöttner

Überblick der relevanten Dateien



Details

Heinrich Heine
Universität Düsseldorf

- Anwendungen nutzen Koroutinen indem sie den Trait `CoroutineEntry` implementieren
- Bevor eine Anwendung die erste Koroutine startet müssen diese vorbereitet werden
  - Für jede Koroutine muss ein Objekt mit `Box::new` angelegt werden
    - Der Stack wird in der Funktion `Coroutine::new` automatisch angelegt
  - Anschließend müssen die Koroutinen-Objekte mithilfe `Coroutine::set_next` zyklisch miteinander verkettet werden
  - Zum Schluss kann die erste Koroutine mit `Coroutine::start` angestossen werden

Koroutine in einer Anwendung nutzen

- Beispiel: Einstiegsfunktion `run` einer Koroutine
- `corouts_demo.rs` (Auszug)

```
struct MyCoroutine {
}

impl coroutine::CoroutineEntry for MyCoroutine {

    fn run(&mut self, object: *mut coroutine::Coroutine) {
        // Code der Coroutine
    }

}
```

Koroutine in einer Anwendung nutzen

Heinrich Heine
Universität Düsseldorf

- Anlegen der Koroutinen-Objekte und Starten der ersten Koroutine

```
pub fn init_demo() {
    let c1 = Box::new( MyCoroutine {} );
    let mut corout1 = coroutine::Coroutine::new(1, c1);

    let c2 = Box::new( MyCoroutine {} );
    let mut corout2 = coroutine::Coroutine::new(2, c2);

    corout1.set_next( corout2.get_raw_pointer() );
    corout2.set_next( corout1.get_raw_pointer() );

    coroutine::Coroutine::start( corout1.get_raw_pointer() );
}
```

Koroutine initialisieren (`Coroutine`)

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

- Beim Anlegen des Koroutinen-Objektes wird `new` aufgerufen
  - Hier wird der Stack angelegt; das Koroutinen-Objekt
  - Anschließend wird in `coroutine_state_init` der Stack für den ersten Aufruf präpariert

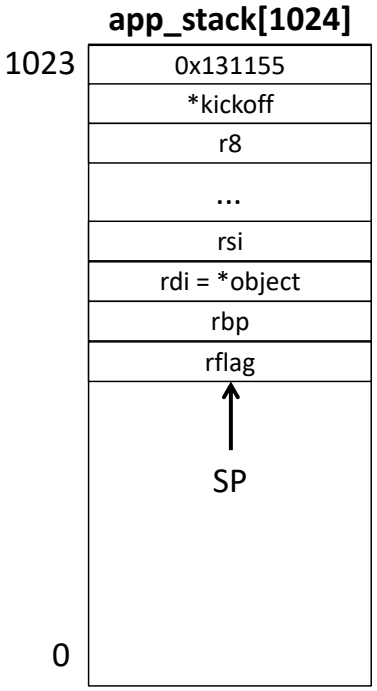
```
impl Coroutine {

   pub fn new(mycid: u64, myentry: Box<dyn CoroutineEntry>)-> Box<Coroutine> {
      let mystack  = stack::Stack::new(4096);

      let mut corout = Box::new( Coroutine{ cid: mycid,
                                            context: 0,
                                              stack: mystack,
                                              entry: myentry,
                                               next: ptr::null_mut(),
                                              } );
      corout.coroutine_state_init();
      corout
   }
```

coroutine_state_init

- Hier wird der Stack für den ersten Aufruf vorbereitet
  - Es werden alle Register gesichert
  - `*kickoff` dient als Rücksprungadresse und als Einstieg in die Koroutine
  - `kickoff` ist in `coroutine.rs` implementiert und erwartet als Parameter einen Zeiger auf das Koroutinen-Objekt, das ist hier `*object`
  - `0x13155` ist nur ein Dummy-Rücksprungadresse die nie verwendet wird
- `SP` wird in `context` gesichert



Starten der ersten Koroutine

Heinrich Heine
Universität Düsseldorf

- Aufruf der Funktion `start` des `Coroutine`-Objektes

```
extern "C" fn _coroutine_start  (context: *mut c_void);

pub fn start (c: *mut Coroutine) {
    unsafe {
        _coroutine_start(c as *mut c_void);
    }
}
```

- Hier wird dann `_couroutine_start` gerufen, eine Assembler-Routine
  - Diese schaltet auf den präparierten Stack um
  - Lädt die Prozessorregister mit den auf dem Stack gesicherten Inhalten
  - Macht dann einen Rücksprung der bei `kickoff` landet
  - Der Parameter `*object` für `kickoff` muss im Register `rdi` stehen (1. Parameter); das passt durch den präparierten Stack

Koroutinen-Wechsel

Heinrich Heine
Universität Düsseldorf

- Wird durchgeführt durch Aufrufen von `coroutine::switch_to_next`
  - Hiermit kann die aktive Koroutine einen Wechsel auslösen (auf die Nächste in der Kette)
  - Jedes Koroutinen-Objekt speichert `next`
- Das eigentliche Umschalten erfolgt in der Assembler-Funktion `coroutine_switch`

```
extern "C" {
    fn _coroutine_switch ( context_now: *mut c_void,
                           context_then: *mut c_void);
}

pub fn switch_to_next (now: *mut Coroutine) {
    unsafe {
        _coroutine_switch( now as *mut c_void,
                          ((*now).next) as *mut c_void,
                         );
    }
}
```

Koroutinen-Wechsel (2)

Heinrich Heine
Universität Düsseldorf

- `_coroutine_switch` ist eine Assembler-Routine:
  - Sichert die Registerinhalte des Aufrufers auf dessen Stack und speichert dann die Adresse des zuletzt belegten Stackeintrages in `context_now`
  - Anschließend wird der Stack umgeschaltet auf `context_then`
  - Nun werden die Register geladen, mit den Inhalten die auf dem Stack der nächsten Koroutine gespeichert sind
  - Am Ende erfolgt ein Rücksprung mit `ret`, wodurch die nächste Koroutine fortgesetzt wird

- Wird das erste Mal auf eine Koroutine umgeschaltet, die nicht mit `start` aktiviert wurde, so funktioniert das `ret` hier genauso wie bei `coroutine_start` und man landet in `kickoff`

- Ansonsten landet der `ret` in `switch_to_next` und von dort aus geht es zurück zu der Stelle wo die Koroutine freiwillig die CPU abgegeben hat

Koroutinen – Übersicht 1/2

Heinrich Heine
Universität Düsseldorf

startup.rs

```
fn aufgabe4() {
  let c1 = Box::new( MyCoroutine {} );
  let mut corout1 = coroutine::Coroutine::new(1, c1);

  let c2 = Box::new( MyCoroutine {} );
  let mut corout2 = coroutine::Coroutine::new(2, c2);

  corout1.set_next( corout2.get_raw_pointer() );
  corout2.set_next( corout1.get_raw_pointer() );

  coroutine::Coroutine::start( corout1.get_raw_pointer() );
}
```

1

coroutine.rs

```
// externe Funktionen in coroutine.asm
extern "C" {
  fn _coroutine_start  (   context: *mut c_void);
  fn _coroutine_switch ( context_now: *mut c_void,
                         context_then: *mut c_void);
}

impl Coroutine {
  pub fn new(mycid: u64, myentry: Box<dyn CoroutineEntry>)-> Box<Coroutine> {
    ...
    corout.coroutine_state_init();
    corout
}

  fn coroutine_state_init (&mut self) {
  }
```

2

Koroutinen – Übersicht 2/2

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

startup.rs

```
fn aufgabe4() {
  ....
  coroutine::Coroutine::start( corout1.get_raw_pointer() );
}
```

3

coroutine.rs

```
impl Coroutine {
  pub fn start (c: *mut Coroutine) {
    unsafe {
        _coroutine_start(c as *mut c_void);
    }
  }
```

coroutine_demo.rs

```
struct MyCoroutine {
}

impl coroutine::CoroutineEntry for MyCoroutine {
  fn run(&mut self, object: *mut coroutine::Coroutine) {
    // Code der Coroutine
    switch_to_next ();
  }
}
```

4

```
pub fn switch_to_next (now: *mut Coroutine) {
  unsafe {
    _coroutine_switch( now as *mut c_void,
                       ((*now).next) as *mut c_void,
                     );
  }
}
```