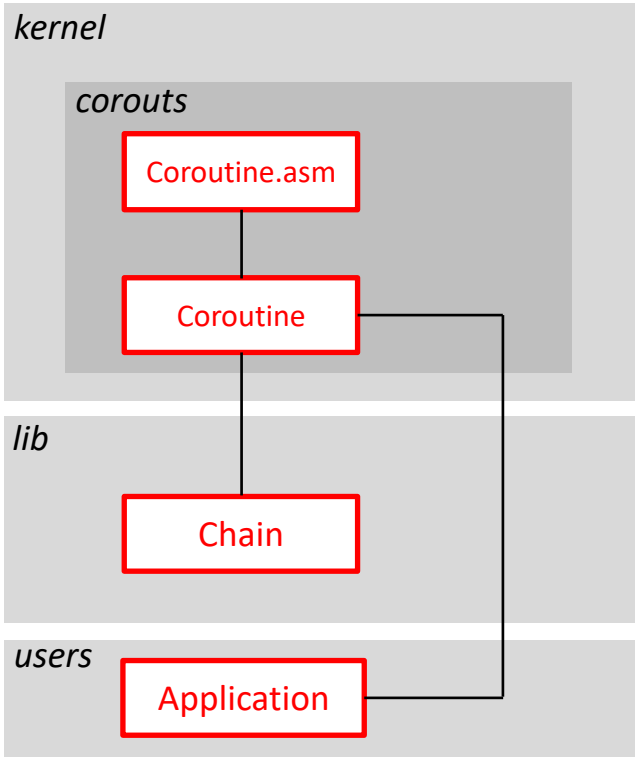
# Betriebssystem-Entwicklung

## Implementierung von Koroutinen in C++

Michael Schöttner

# Überblick der relevanten Dateien



# Details

Heinrich Heine
Universität Düsseldorf

- Anwendungen nutzen Koroutinen indem sie die Klasse `Coroutine` erweitern
- Hierdurch werden mehrere Methoden vererbt
  - `setNext` dient der Verkettung der Koroutinen (siehe unten)
  - `start` stösst die erste Koroutine an
  - `switch2next` schaltet zur nächsten Koroutine um

- Bevor eine Anwendung die erste Koroutine startet müssen diese vorbereitet werden
  - Für jede Koroutine muss ein Objekt angelegt werden
  - Im Konstruktor wird der Stack mit `new` angelegt und im Destruktor mit `delete` wieder freigegeben
  - Anschließend müssen die Koroutinen-Objekte zyklisch miteinander verkettet werden
  - Zum Schluss kann die erste Koroutine angestossen werden

# Koroutine in einer Anwendung nutzen



- Anwendungs-Klasse schreiben, die `Coroutine` erweitert
- Beispiel: `Application.h` (Auszug)

```
class Application : public Coroutine {

public:
   // Initialisieren der Koroutine
   Application () : Coroutine ();

   void run ();      // Start-Methode (wird indirekt gerufen)
};
```

- Beispiel: `Application.cc` (Auszug)

```
void Application::run () {
   // Arbeit erledigen
   switch2next (); // CPU abgeben (auf naechste Koroutine umschalten)
}
```

# Koroutine in einer Anwendung nutzen



- Instanziieren der Anwendungs-Klasse in `main.cc`

```
int main() {
   // App instanziieren; Koroutine wird dadurch intitialisiert
   Application app1 ();
   Application app2 ();

   app1.setNext(&app2);
   app2.setNext(&app1);

   // 1. Koroutine starten
   app1.start ();
}
```

# Koroutine initialisieren (Klasse `Coroutine`)

Heinrich Heine
Universität Düsseldorf

- Der Konstruktor von `Application` ruft aufgrund der Klassenvererbung den Konstruktor der Klasse `Coroutine`

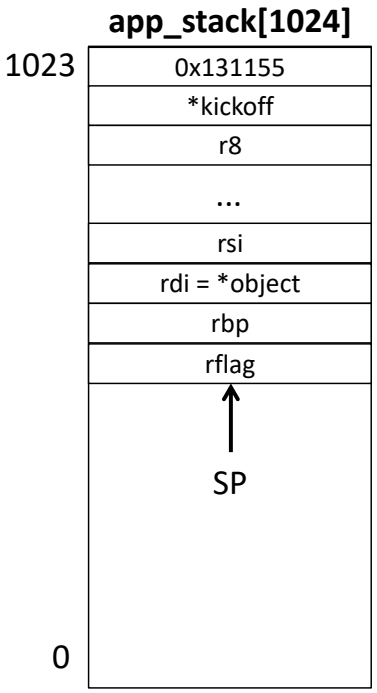
```
Coroutine::Coroutine (uint64_t *stack) {
   stack = new uint64_t[1024];
   Coroutine_prepare_stack(&context, stack+1023, kickoff, this);
}
```

- `Coroutine_prepare_stack` ist eine C-Funktion (in `Couroutine.cc`), welche den Stack für das erste Umschalten auf die Coroutine präpariert (siehe nächste Seite)
- `context` ist eine Instanzvariable und speichert den zuletzt genutzten Stackeintrag
- `kickoff` wird nachher beschrieben

# Coroutine_init

```
void Coroutine_prepare_stack (
                        uint64_t *context, uint64_t *stack,
                        void (*kickoff)(Coroutine*),
                        void *object
                      );
```

- 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.cc` 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 Methode `start` der App-Instanz, die `Coroutine` erweitert

```
extern "C" void _coroutine_start  (uint64_t* now);

void Coroutine::start () {
    _coroutine_start( &context );
}
```

- Hier wird dann `_coroutine_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 bereits durch den präparierten Stack

# Koroutinen-Wechsel



- Wird durchgeführt durch Aufrufen von `Coroutine::switch2next`
  - Hiermit kann die aktive Koroutine einen Wechsel auslösen (auf die Nächste in der Kette)
  - `Coroutine` erweitert `Chain` und erbt damit einen `next`-Zeiger
- Das eigentliche Umschalten erfolgt in der Assembler-Funktion `Coroutine_switch`

```
extern "C"
{
    void _coroutine_switch (uint64_t *now, uint64_t *then);
}

void Coroutine::switch2next () {
    _coroutine_switch (&this->context, &(((Coroutine*)next)->context));
}
```

# 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 `now`
  - Anschließend wird der Stack umgeschaltet auf `then`
  - Nun werden die Register geladen, mit den Inhalten die auf dem Stack 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 `switch2next` und von dort aus geht es zurück zu der Stelle wo die Koroutine freiwillig die CPU abgegeben hat

# Koroutinen - Übersicht

Heinrich Heine Universität Düsseldorf

**main.cc**

```
// Instanz für einen Anwendungsthread anlegen
int main() {
  Application app1 ( &app1_stack[1024] );
  Application app2 ( &app2_stack[1024] );

  app1.setNext(&app2);
  app2.setNext(&app1);

  app1.start ();
}
```

**Application.cc**

```
void Application::run () {

  // Arbeit erledigen

  switch2next ();
}
```

**Coroutine.cc**

```
// externe Funktionen in Coroutine.asm
extern "C" {
   void _coroutine_start  (   uint64_t *now);
   void _coroutine_switch ( uint64_t *now,
                            uint64_t *then);
}

Coroutine::Coroutine (uint64_t *stack) {
  stack = new uint64_t[1024];
  Coroutine_prepare_stack (&context, stack+1023, kickoff, this);
}

void Coroutine_prepare_stack ( uint64_t *context, uint64_t *stack,
          void (*kickoff)(Coroutine*), void *object ) {
  // ...
}

void Coroutine::start () {
  _coroutine_start(&context);
}

void Coroutine::switch2next () {
   _coroutine_switch (&this->context, &(((Coroutine*)next)->context));
}
```

1

2

3

4