

Aufgabe 1: Schedule Table Scheduler

Echtzeitsysteme - Übungen zur Vorlesung

Fabian Scheler, Peter Ulbrich, Niko Böhm

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl Informatik 4 (Verteilte Systeme und Betriebssysteme)
`www4.informatik.uni-erlangen.de`

2. November 2009

Aufgabenstellung: Quadrocopter-Kontrollsystem

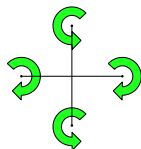
Anforderungen an das Kontrollsystem

Schwebeflug in konstanter Höhe.

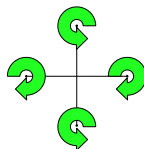
Steigflug oder **Sinkflug**.

Drehung um die eigene Achse nach links oder nach rechts.

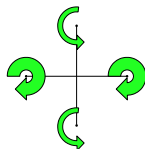
Gleiten bei konstanter Höhe nach links, nach rechts, nach vorne oder nach hinten.



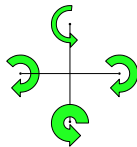
Schwebeflug



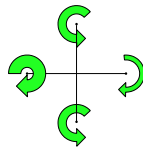
Steigflug



Drehung



Gleiten: vorwärts



Gleiten: seitlich

Wie geht das?

- ▶ Was muss man tun?
- ▶ Wer löst das algorithmische Problem?
- ▶ Was läuft dabei im Steuerungssystem ab?
- ▶ Wie oft muss man im Steuerungssystem etwas tun?
- ▶ Muss man das regelmäßig tun?

Ablauf Tabellen

Was ist ein Ablauf tabelle? $\leadsto$ im wesentlichen ein Stundenplan

$$f : \mathcal{T} \mapsto \mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$$

$\mathcal{T} = \{T_1, T_2, \dots, T_x\}$ eine Menge von Aufgaben
 $(t_1, t_2) \in \mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$ eine Menge von Zeitintervallen

Wie kann man Ablauf Tabellen darstellen? $\leadsto$ Liste von Tupeln

- ▶ Aufgabe
- ▶ Startzeitpunkt
- ▶ eine Aufgabe kann auch mehrmals auftreten

<i>Aufgabe₁</i>	<i>Zeitpunkt₁</i>
<i>Aufgabe₂</i>	<i>Zeitpunkt₂</i>
<i>...</i>	<i>...</i>
<i>Aufgabe_n</i>	<i>Zeitpunkt_n</i>

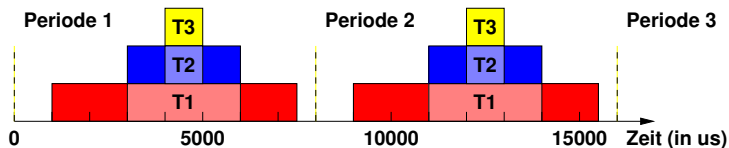
Ausführung von Ablauftabellen

Es existieren zwei Ausführungsmodelle für Ablauftabellen

- ▶ **präemptive** Ausführung
 - ▶ verschiedene Aufgaben können sich gegenseitig verdrängen
- ▶ **nicht-präemptive** Ausführung
 - ▶ verschiedene Aufgaben werden *ungestört* ausgeführt

Präemptive Ausführung von Ablauftabellen

Aufgaben, die sich in Ausführung befinden, können von später gestarteten Aufgaben verdrängt werden:



Konsequenz

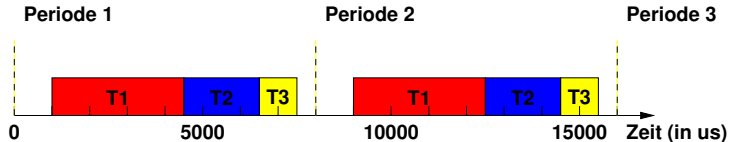
- ▶ Erhaltung des Zustands
- ▶ zeitliche Beeinflussung
- ▶ nebenläufiger Datenzugriff
- ▶ strikte Stapelbildung (eher Prozeduraufruf als Faden)

Terminüberschreitung

- ~ Abbruch
 - ▶ Prozeduraufruf entfernen
 - ▶ der muss nicht oben auf dem Stapel liegen

Nicht-präemptive Ausführung von Ablauftabellen

- ▶ sequentielle Aneinanderreihung von Aufgaben
- ▶ keine Unterbrechung oder Verdrängung



Konsequenz

- ▶ keine Zustandsicherung
- ▶ keine zeitliche Beeinflussung
- ▶ kein nebenläufiger Datenzugriff

Ablaufabelle

- ▶ muss berechnet werden
- ↪ ist **NP-vollständig**
- ▶ evtl. Aufteilung von Aufgaben notwendig

Aufgabe des Schedulers

- ▶ Abarbeiten der Ablauftabelle
 - ▶ Aufgaben an den vereinbarten Zeitpunkten einlasten
 - ▶ Einlastung erfolgt **nicht-präemptiv**
 - ▶ laufende Aufgaben werden ggf. abgebrochen
 - ▶ einzulastende Aufgabe starten
 - ▶ keine weitere Fehlerbehandlung
 - ▶ Woher kennt der Scheduler den nächsten Einlastungszeitpunkt?
- 👉 Zeitgeber (engl. *timer*) stellt diese Information zur Verfügung

Wie kann man den Zeitgeber ansprechen?

▶ Abfragebetrieb vs. Unterbrecherbetrieb

▶ Möglichkeiten im Unterbrecherbetrieb:

festes Zeitraster $\leadsto$ Unterbrechungen in regelmäßigen Abständen

- + einfacher zu implementieren, funktioniert immer
- + einmalige Initialisierung des Zeitgebers
- + relativ flexibel
- Overhead durch unnötige Unterbrechungen

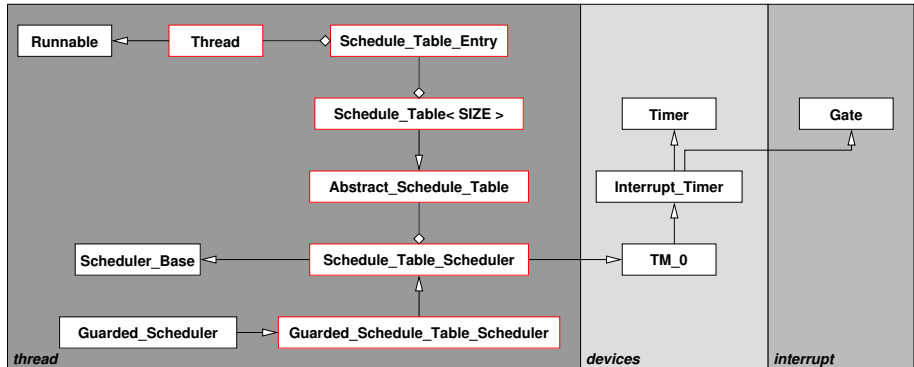
variables Zeitraster $\leadsto$ Unterbrechung beim nächsten Eintrag

- + kein Overhead durch unnötige Unterbrechungen
- funktioniert bei sehr großen Zeitspannen nicht
- wiederholte Initialisierung des Zeitgebers

☞ **Unterbrecherbetrieb mit festem Zeitraster**

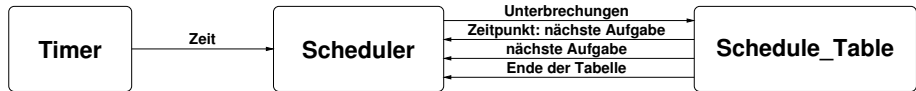
☞ **Mit welcher Frequenz erzeugt man Unterbrechungen $\leadsto$ GGT**

Klassenhierarchie



► **rot eingerahmte Klassen** $\leadsto$ Implementierung bzw. Ergänzung

Überblick



- ▶ der **Scheduler** *kennt* die Unterbrechungen des Zeitgebers
 - ▶ der Scheduler implementiert die Unterbrechungsbehandlung
- ▶ die **Ablauftabelle**
 - ▶ weiß wann ihr Ende erreicht wurde
 - ▶ weiß wann die nächste Aufgabe dran ist
 - ▶ weiß welche Aufgabe als nächstes dran ist

Klasse Thread

- ▶ **keine** Coroutine
 - ▶ keine Verdrängung
 - ▶ kein Blockieren
 - ▶  nicht notwendig
- ▶ **nur** Runnable
 - ▶ muss nur die Methode `Runnable::action()` implementieren
 - ▶ Methode wird in der Anwendung implementiert

Klassen `Schedule_Table< int L >` und `Abstract_Schedule_Table`

- ▶ Paar aus abstrakter Basisklasse und Template-Klasse
 - ▶ statische Speicherallokation
 - ☞ Array der Größe L in der Template-Klasse
 - ▶ Ablauf tabellen verschiedener Größe
 - ☞ verschiedene Instanzen der Templateklasse
 - ▶ die verschiedenen Template-Instanzen sind verschiedene Typen
 - ~ gemeinsame Schnittstelle durch die abstrakte Basisklasse
- ▶ einzelnen Elemente der Tabelle
 - ▶ Typ: `Schedule_Table_Entry` ~ C-Struktur
 - ▶ Definition in der Klasse `Abstract_Schedule_Table`
- ▶ Was kommt in die abstrakte Klasse, was in die Template-Klasse?
 - ▶ direkter Zugriff auf die Datenstruktur ~ Template-Klasse
 - ▶ darauf aufbauende Operationen ~ abstrakte Klasse

Schnittstelle

- ▶ Konstruktor: ❶ `Schedule_Table()`
 - ▶ Frequenz der Ablauftabelle $\leadsto$ Wiederholungsperiode
 - ▶ Stapelspeicher für die Abarbeitung dieser Ablauftabelle verwendet
- ▶ Tupel hinzufügen: ❶ `Schedule_Table< L >::add()`
 - ▶ Eintragen der Aufgabe und des zugehörigen Startzeitpunkts
- ▶ Tupel lesen: `Schedule_Table< L >::get_entry()`
 - ▶ Liefert den entsprechenden Tupel für einen gegebene Index
- ▶ Tabelle initialisieren: `Schedule_Table< L >::init()`
 - ▶ Zeitraster berechnen $\leadsto$ GGT
 - ▶ Startzeitpunkte auf Zeitgeberunterbrechungen abbilden
- ▶ nächste Aufgabe: ❶ `Abstract_..._Table::next_thread()`
 - ▶ liefert die nächste Aufgabe, die ausgeführt werden soll

Klasse `Schedule_Table_Scheduler`

- ▶ alle Aufgaben verwenden denselben dem Stapelspeicher
 - ▶ es gibt keine überlappte Ausführung
- ▶ erbt von der Klasse `TM_0`
 - ▶ implementiert die Unterbrechungsbehandlung dieses Zeitgebers
 - 👉 Methoden ❶ `isr()` und ❶ `dsr()` müssen implementiert werden

Unterbrechungsbehandlung

- ▶ ISR: ❶ `Schedule_Table_Scheduler::isr()`
 - ▶ Unterbrechungen mitzählen
 - ▶ falls nötig, `set_need_reschedule()` aufrufen

- ▶ DSR: ❶ `Schedule_Table_Scheduler::dsr()`
 - ▶ nichts

Benutzerschnittstelle

- ▶ Ablaufabelle setzen: ❶ `...::set_schedule_table()`
 - ▶ setze initiale Ablaufabelle
 - ▶ Ablaufabelle initialisieren
 - ▶ Zeitgeber initialisieren
 - ▶ **vor** `Schedule_Table_Scheduler::start()`
- ▶ Ablaufabelle wechseln: ❷ `...::switch_schedule_table()`
 - ▶ merke neue Ablaufabelle
 - ▶ führe die alte Ablaufabelle zu Ende aus
 - ▶ starte neue Ablaufabelle am Ende der Runde
- ▶ Aufgabe beenden: ❸ `...::exit()`
 - ▶ auf Unterbrechungen warten

Systemschnittstelle

- ▶ Scheduler starten: ❶ `...::start()`
 - ▶ Zeitgeber soll periodisch Unterbrechungen erzeugen
 - ▶ auf Unterbrechungen warten
 - ▶ **Achtung:** `user_main()` ist synchronisiert
 $\leadsto$ den kritischen Abschnitt mit `guard.leave()` verlassen!
 - ▶ darf nicht zurückkehren

- ▶ Aufgabe *wechseln*: ❷ `...::reschedule()`
 - ▶ nächsten Faden/nächste Aufgabe bestimmen
 - ▶ `need_reschedule` zurücksetzen
 - ▶ Kontext initialisieren $\leadsto$ `init_context()`
 - ▶ Aufgabe starten $\leadsto$ Kontext laden $\leadsto$ `load_context()`

Wie implementiert man in EZStubs einen Scheduler?

- ▶ siehe EZStubs-Einführung
 - ▶ Benutzerschnittstelle
 - ▶ Systemschnittstelle
 - ▶ Methoden der Klasse `Scheduler_Base`:
 - ▶ `Scheduler_Base::set_need_reschedule()`
 - ▶ `Scheduler_Base::clear_need_reschedule()`
 - ▶ `Scheduler_Base::get_need_reschedule()`

Kontextverwaltung

- ▶ Routinen in `thread/context.h`
 - ▶ `init_context`
 - ▶ den Kontext auf dem Stapelspeicher passend initialisieren
 - ▶ `load_context`
 - ▶ den Kontext vom Stapelspeicher laden, die Aufgabe starten
- ▶ alle Aufgaben verwenden selben Stapelspeicher
- ☞ Kontextinitialisierung kann Schaden anrichten
 - ▶ man überschreibt die Rücksprungadresse von `init_context`
- ☞ mögliche Lösungen
 - ▶ `init_context` einbetten $\leadsto$ kein Rücksprung
 - ▶ Stackpointer manipulieren
- ▶ in EZStubs kann dieser Fehler nicht auftreten :-)
 - ▶ `isr()` und `dsr()` verwenden einem anderen Stapelspeicher