Echtzeitsysteme

Übungen zur Vorlesung

Nicht-periodische Aufgaben: Extended Scope (Teil 1)

Simon Schuster **Peter Wägemann**

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)
Lehrstuhl für Informatik 4 (Verteilte Systeme und Betriebssysteme)
https://www4.cs.fau.de

7. Dezember 2017

Übersicht

Rekapitulation der Vorlesung

Nicht-periodische Aufgaben

- Definiert durch $T_i = (i_i, e_i, D_i)$
- *Aperiodische* vs. *sporadische* Aufgabe
- *Mischbetrieb*: periodisch $\longleftrightarrow$ sporadisch/aperiodisch
  - *dynamische* Einplanung
  - Beeinflussung periodischer Aufgaben?
  - Übernahmeprüfung $\longleftrightarrow$ Antwortzeitminimierung

Nicht-periodische Arbeitsaufträge

- Kaum a-priori Wissen (Zeitpunkt, . . .)
- Herausforderung Mischbetrieb: Erhaltung **statischer Garantien**
- Abweisung (spor. Aufg.): schwerwiegende Ausnahmesituation

Rekapitulation der Vorlesung (Forts.)

Basistechniken zur Umsetzung

- Unterbrecherbetrieb $\rightsquigarrow$ bevorzugt nicht-periodische Aufgaben
- Hintergrundbetrieb $\rightsquigarrow$ stellt nicht-periodische Aufgaben hinten an
- Zusteller $\rightsquigarrow$ konvertiert nicht-period. in periodische Aufgaben
  - Spezielle periodische Aufgabe $T_s = (p_s, e_s)$
  - Ausführungsbudget, Auffüllperiode und -regeln
  - Abbildung auf Prioritätswarteschlange (z. B. AJQ)

Slack Stealing

- Idee: Termin ist maßgeblich
  $\rightsquigarrow$ *Verschieben* periodischer Aufgaben möglich
- *Erfordert Unterbrecherbetrieb*
- Problem: **Schlupfzeit** bestimmen
  - Zeitsteuerung (mit Rahmen): Einfach $\rightsquigarrow$ $f - x_k$
  - Ereignissteuerung: schwierig $\rightsquigarrow$ dynamischen Berechnung

Rekapitulation der Vorlesung (Forts.)

Periodische Zusteller

- Verschiedene Ausführungen
  z. B.: Polling, Deferrable, Sporadic Server
- Unterscheiden sich im **Regelwerk**
- I. d. R. für mehrere Aufgaben zuständig

Beispiel: Abfragender Zusteller (Polling Server)

- Periodische Aufgabe $T_P = (p_s, e_s)$
- Budget e_s verfällt
- Im Falle sporadischer Aufgaben schwierig:
  - $p_P \leq \frac{D_s}{2}$, wobei $D_s \leq i_s \rightsquigarrow$ Abtasttheorem

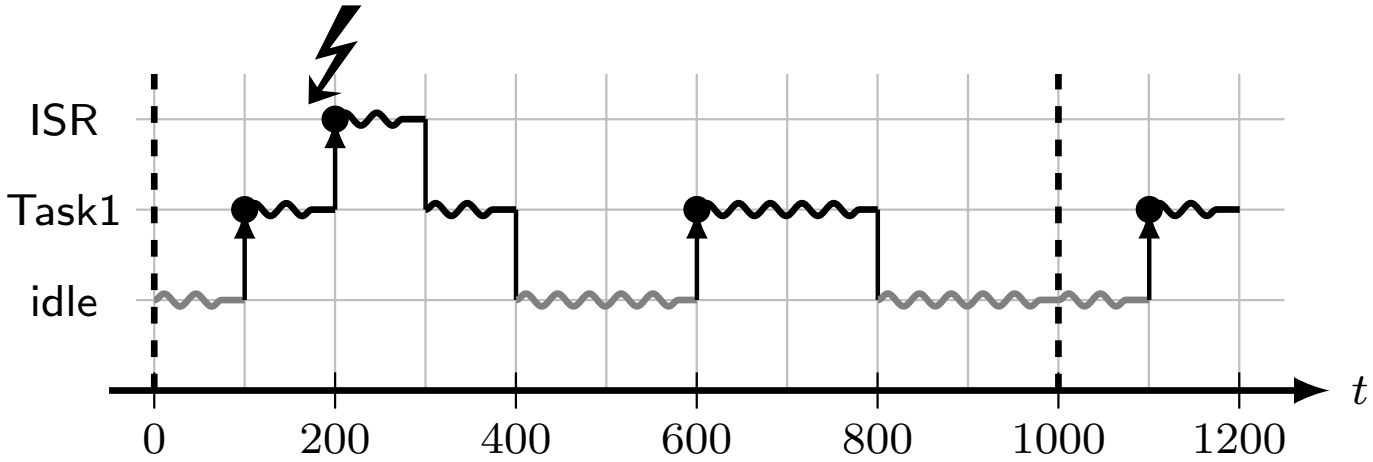
→ hohe Abtastfrequenz, Überlastgefahr

Übersicht

Begriffe

- *Interrupt, ISR*: Hardwareunterstützung für Kontrolltransfer an Interrupt-Handler
- *Interrupt-Handler*: Code der beim Auftreten des Interrupts ausgeführt wird
- *Interrupt-Vektor*: Nummer & Speicheradresse des Interrupt-Handlers
- *Interrupt-Controller*: Hardwareeinheit für Interruptbehandlung
- *Pending Interrupt*: noch nicht abgearbeiteter Interrupt
- *Interrupt-Latenz*: Zeit bis Interrupt erkannt/behandelt wird
- *Geschachtelter Interrupt*

Probleme von Interrupts [1, 2]



- *Prioritätsverletzungen*
- Prellen
  - Entprellung in Soft- oder Hardware
  - Tiefpassfilterung
- Auftrittshäufigkeit
  - Maximale Auftrittsfrequenz (= minimale Zwischenankunftszeit)
  - Soft- oder Hardware-seitige Überwachung
- Auftrittszeitpunkte
  - Zeitliche Garantien jederzeit gewährleisten
  - Zugriff auf Ressourcen

Checkliste für Interrupts in (V)EZS [1]

1. *Scheduling*: (WCET-)Analyse muss Interrupts (als Overheads) beachten
2. *Aufrufgraphen*
   - **Identifikation der Kontexte** in denen Interrupts auftreten könnten
   - ISR → DSR → `cyg_thread_resume()`
3. *Zeitanalyse*
   - Bestimmung der **maximalen Auftrittsfrequenz**
   - WCET-Analyse der Interrupt-Behandlung (in Isolation)
4. *Korrektheit des Stacks*
   - Gemeinsamer Stack?
   - Effekte von Interrupts auf Stack-Anordnungen
   - Bestimmung von **Stack-Budgets** (worst-case stack usage)
5. *Korrektheit der Nebenläufigkeiten*
   - Identifikation von Datenstrukturen auf die nebenläufig zugegriffen wird
   - Vermeidung von **Race-Conditions**, Verwendung atomarer Operationen

Interrupt Scheduler [2]

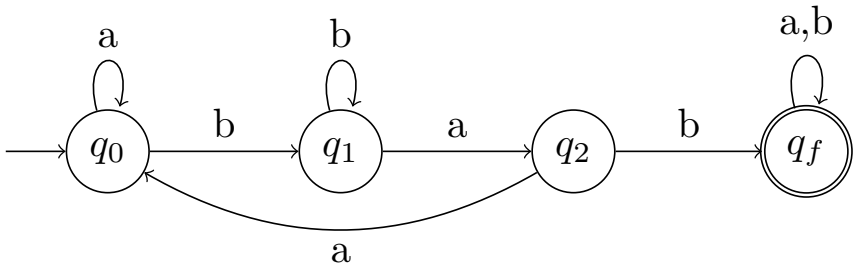
- Detektion und **Behandlung falscher Interrupts** (engl. spurious interrupts)
- Externe Geräte können fehlerhaft sein $\leadsto$ *Babbling Idiot*
- Software-Lösung
  - Zählen von Interrupts über Zeitintervall
  - Verwendet in Linux [1]
  - Nur möglich wenn WCET(ISR) $< \frac{1}{\text{minimale Zwischenankunftszeit}}$
    - Detektion von spurious Interrupts
    - Deaktivierung des IRQs
    - Adaptives Pollen von Geräten

      ☞Zusätzlicher Laufzeit-Overhead
- Hardware-Lösung (bevorzugt für harte Echtzeit)
  - **Zählen in Hardware** der Auftrittshäufigkeiten
  - TriCore CPU erlaubt das Zählen von externen Ereignissen (Komparatoren)
  - Überwachung implementierbar
  - Kein zusätzlicher Laufzeit-Overhead (außer Konfigurationsaufwand)

[1] `https://github.com/torvalds/linux/blob/master/kernel/irq/spurious.c`

Übersicht

Aufgabe 6: Extended Scope



- Befehlsschnittstelle für Oszilloskop
- Auswertung von Benutzereingaben
  - *Was ist hier problematisch?*
  - Unterbrecher-, Hintergrundbetrieb, Periodischer Zusteller
- *Moduswechsel*
  - Dynamische Anpassung je nach Situation (Rekonfiguration der Ablauftabellen)
  - Siehe Vorlesung 4-3
  - Systemweite Koordination mittels *Zustandsmaschine*
- Erweiterte Übung
  - *Besprechung nächste Übung*
  - Rangfolge
  - Mailboxen, Events

Literatur

[1] John Regehr.
Safe and structured use of interrupts in real-time and embedded software.
Handbook of Real-Time and Embedded Systems, I. Lee, JY-T. Leug, and SH Son, Eds. Chapman and Hall/CRC, pages 1–13, 2007.

[2] John Regehr and Usit Duongsaa.
Preventing interrupt overload.
In *Proceedings of the 2005 ACM SIGPLAN/SIGBED Conference on Languages, Compilers and Tools for Embedded Systems (LCTES '05)*, pages 50–58, New York, NY, USA, 2005. ACM Press.