

Übungen zu Rechnerarchitektur

Sommersemester 2017

Prof. Dr. Jian-Jia Chen

Technische Universität Dortmund

Lehrstuhl Informatik 12

Entwurfsautomatisierung für Eingebettete Systeme

Speed-Up

Speed-Up (2 Punkte)

Ein sequentielles Programm \mathcal{P} lässt sich in 5 Bereiche A bis E unterteilen, die aufgrund von Abhängigkeiten in dieser Reihenfolge ausgeführt werden müssen. Der Anteil der Bereiche an der Laufzeit ist in Tabelle 1 angegeben. Die Bereiche A, C und E lassen sich nicht parallelisieren. Bereich B kann in maximal 4 parallel ausführbare Einheiten transformiert werden. Für die Parallelisierbarkeit von Bereich D gibt es keine Beschränkung.

| Bereich | A | B | C | D | E |
|----------------|----|-----|----|-----|----|
| Laufzeitanteil | 2% | 20% | 5% | 70% | 3% |

Tabelle 1: Anteile der Bereiche an der Programmlaufzeit

Speed-Up

- **Sequentielles Programm wird parallelisiert:**
 - Amdahl's Gesetz:

$$S(P) = \frac{T_s + T_p}{T_s + \frac{T_p}{P}} = \frac{1}{\alpha + \frac{1-\alpha}{P}}$$

α = Anteil des nicht parallelisierbaren Programmteils an der Laufzeit

Speed-Up

- a) Wie viele Prozessorkerne werden benötigt, um einen Speed-Up von mindestens 4 zu erhalten? Geben Sie an, welche Gesetzmäßigkeit Sie angewendet haben.

Hinweis: Beachten Sie bei der Rechnung die Beschränkung der Parallelisierbarkeit von B.

Speed-Up

- **Anwendung von Amdahls Gesetz:**

Anwendbar nur für Prozessorenzahl $P \leq 4$ (wg. Teil B):

$$S(P)' \leq S(P) = \frac{1}{\alpha + \frac{1-\alpha}{P}}$$

$$\frac{1}{S(P)'} \geq \alpha + \frac{1-\alpha}{P} \quad \alpha \in [0,1]$$

$$\frac{\frac{1}{S(P)} - \alpha}{1-\alpha} \geq \frac{1}{P}$$

$$\frac{1-\alpha}{\frac{1}{S(P)'} - \alpha} \leq P$$

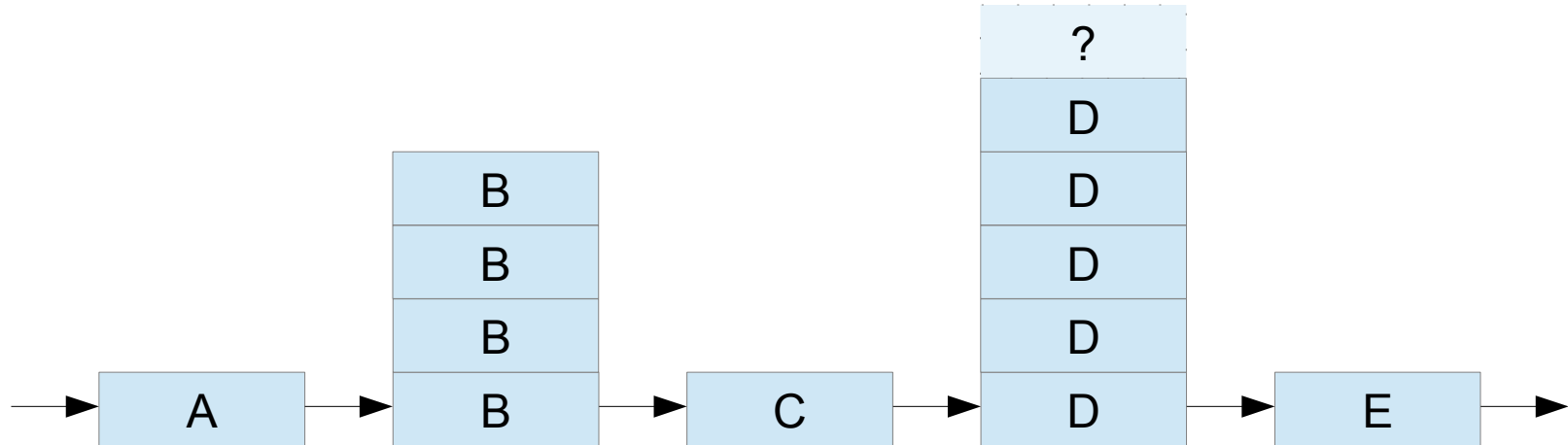
$$\alpha = 0,02 + 0,05 + 0,03 = 0,1$$

$$S(P)' = 4: \quad \frac{0,9}{0,25 - 0,1} = 6 \leq P$$

Bräuchten mind. 6 Prozessoren für Gesamtspeedup 4 nach Amdahl

Speed-Up

- **Parallelisierungs-Situation**



- **Wieviel Parallelität brauchen wir in D um die Gesamtlaufzeit unter $\frac{1}{4}$ der Originallaufzeit zu drücken?**

Speed-Up

- Manuelle Herleitung des Speedups:

$$S(P) \geq 4 \rightarrow \frac{\text{parallelisierte Laufzeit}}{\text{sequentielle Laufzeit}} \leq \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{10} + \underbrace{\frac{2}{10} \cdot \frac{1}{4}} + \frac{7}{10} \cdot \frac{1}{P} \leq \frac{1}{4}$$

Maximal 4 parallel
ausführbare Einheiten

$$2 + 1 + 14 \frac{1}{P} \leq 5$$

$$P \geq 7$$

$$\rightarrow P = 7$$

Speed-Up

- b) Ausgehend von der Lösung in Teil a) soll in Bereich D nun ein doppelt so großes Problem gelöst werden. Die Gesamtlaufzeit des parallelisierten Programms soll sich hierbei nicht ändern. Benutzen Sie Gustavsons Gesetz um den resultierenden Speed-Up *bezüglich der Gesamtlaufzeit des parallelisierten Programmes aus Teil a)* zu berechnen.

Speed-Up

- **Parallelisierbarer Programmteil bearbeitet größeres Problem**
 - Gustafsons Gesetz:
 - Laufzeit des sequentiellen Programmteils bleibt konstant
 - Parallelität skaliert mit Problemgröße
 - Wird die Anzahl der Prozessoren um die gleiche Größenordnung erhöht wie die Problemgröße wächst, bleibt die Gesamtlaufzeit konstant.

Speed-Up

- Parallelisierbarer Programmteil bearbeitet größeres Problem**

- Gustafsons Gesetz:

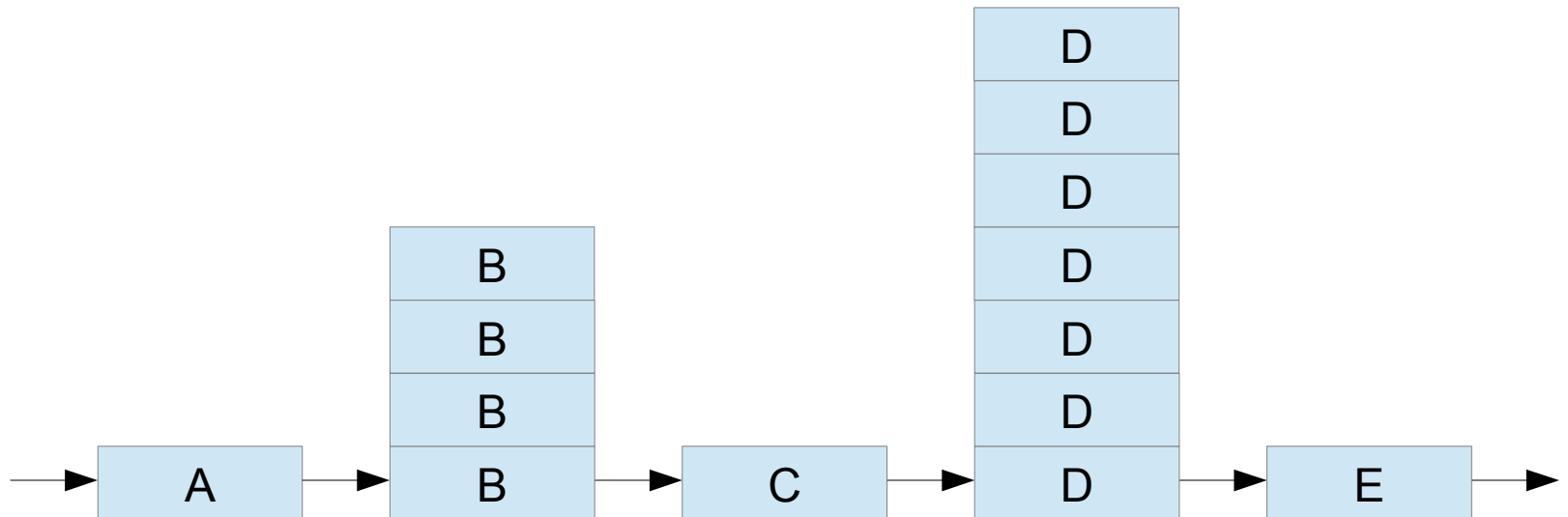
$$S(P) = \frac{T_s + PT_p}{T_s + T_p} = \frac{\alpha + P(1-\alpha)}{1} = \alpha + P - P\alpha = P - \alpha(P-1)$$

- Annahmen:

- Sequentielle Zeit T_s und parallele Zeit T_p bleiben konstant
 - Problemgröße skaliert mit P
 - Annähernd linearer Speedup

Speed-Up

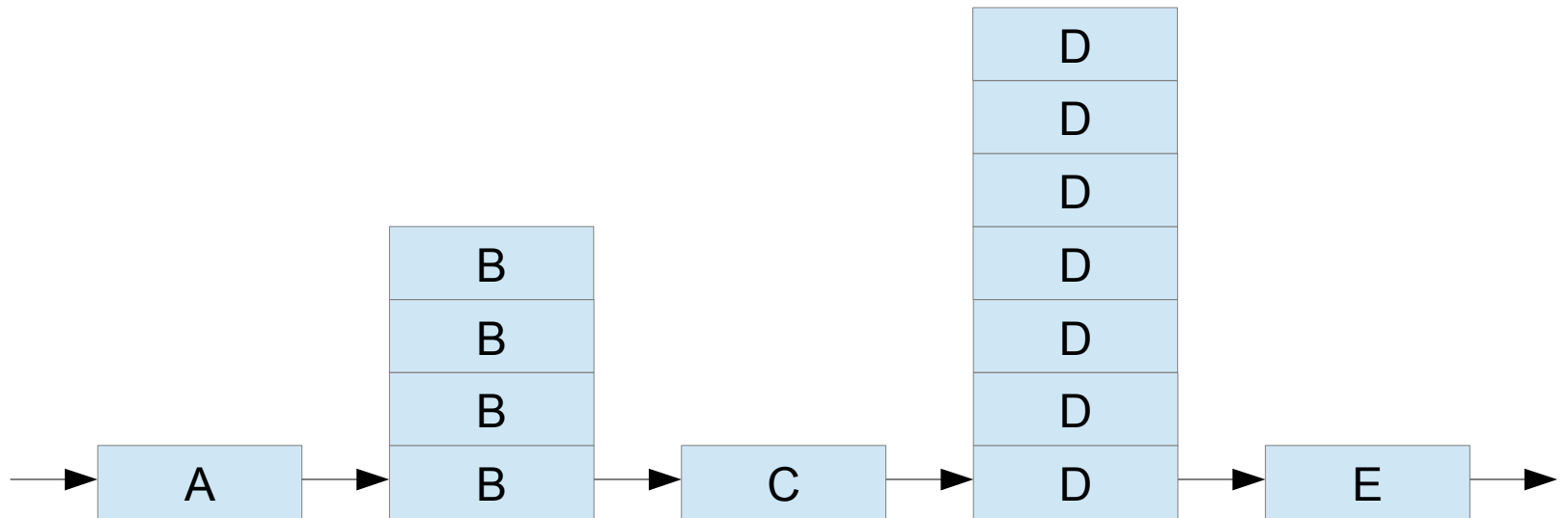
- **Umnormierung der Zeiten (Hier: bzgl. sequent. Laufzeit)**



| Teil | A | B | C | D | E | Gesamt |
|-------------|------|------|------|------|------|--------|
| Sequentiell | 0,02 | 0,20 | 0,05 | 0,70 | 0,03 | 1,00 |
| Parallel | 0,02 | 0,05 | 0,05 | 0,10 | 0,03 | 0,25 |

Speed-Up

- Umnormierung der Zeiten (Hier: bzgl. paralleler Laufzeit)



| Teil | A | B | C | D | E | Gesamt |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Sequentiell | 0,02 | 0,20 | 0,05 | 0,70 | 0,03 | 1,00 |
| Parallel | 0,08 | 0,20 | 0,20 | 0,40 | 0,12 | 1,00 |

Speed-Up

- **Anwendung von Gustafsons Gesetz:**
 - Doppelt so großes Problem
 - Es werden doppelt so viele Prozessoren benötigt, um das Problem in der gleichen Zeit zu lösen.
- **A,B,C,E für mehr als 4 Prozessoren quasi sequentiell**
→ sequentieller Teil = $0,08 + 0,2 + 0,2 + 0,12 = 0,6$
- **Parallelisierbarer Teil D hat 40% der parallelen Laufzeit aus a)**
- **Gustavson: $S(2) = 2 - 0,6(2 - 1) = 1,4$**
→ **Weiterer Speedup von 1,4 bzgl der Laufzeit aus a)**