



Karlsruher Institut für Technologie

Institut für Technische Informatik

Prof. Dr. Wolfgang Karl

Klausur Rechnerstrukturen
Sommersemester 2011
Aufgabenteil

Aufgabe 1: Parallelverarbeitung und Verbindungsstrukturen

9P

Quantitative Maßzahlen

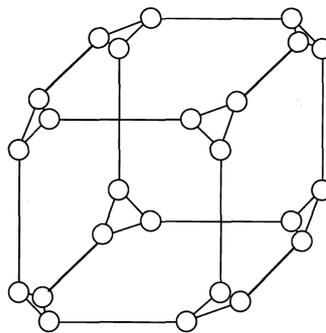
4P

- a) Geben Sie die Formel von Amdahls Gesetz an und erklären Sie die Bedeutung der unterschiedlichen Teile der Formel. *1P*
- b) Geben Sie die Formeln für die Auslastung $U(n)$ und den Mehraufwand durch die Parallelisierung $R(n)$ an. *1P*
- c) Vervollständigen Sie den Satz auf dem Lösungsblatt zur algorithmenunabhängigen Definition der Beschleunigung. *1P*
- d) Was ist das Problem der algorithmenabhängigen Definition? *1P*

Verbindungsstrukturen

5P

- e) Was versteht man unter der Skalierbarkeit eines Verbindungsnetzes? *1P*
- f) Zeichnen Sie das Grundmuster der Kreuzpermutation mit 8 Eingängen und 8 Ausgängen auf. Verwenden Sie hierfür als Hilfe die Vorgaben in den Lösungsblättern. *1P*
- g) Gegeben ist folgendes Ring-Würfel-Netzwerk: *1P*



Bestimmen Sie den Durchmesser sowie die minimale Bisektionsbreite.

- h) Welche Bedingung muss bei einem fehlertoleranten Netzwerk erfüllt sein? *1P*
- i) Geben Sie für einen K -ären n -Kubus die Anzahl N der Knoten sowie den Knotengrad (mit Rückwärtskanten) der einzelnen Knoten in diesem Netzwerk an. *1P*

Aufgabe 2: Parallele Architekturen

8P

Parallele Architekturen und Parallelisierung

6P

- a) Vervollständigen Sie die Grafik auf dem Lösungsblatt, indem Sie die beim Parallelisierungsprozess durchzuführenden Schritte in die jeweils vorgesehene Box eintragen. 2P
- b) Ein gegebenes paralleles Programm mit dazugehörigen Daten ist bisher auf einem Parallelrechner mit 128 Kernen ausgeführt worden. Nach dem Neukauf eines leistungsfähigeren Rechners mit 64000 Kernen zeigt die Ausführung nicht die gewünschte Beschleunigung. Was ist für die Skalierbarkeit eines Parallelrechners besonders wichtig? 1P
- c) Tragen Sie die folgenden Begriffe an der richtigen Stelle in die Tabelle auf den Lösungsblättern ein. 3P
- SMP
 - DSM
 - Cluster
 - UMA
 - NUMA
 - NORMA

Jede korrekte Antwort gibt einen halben Punkt, für jeden falsch eingetragenen Begriff wird ein halber Punkt abgezogen. Die Aufgabe wird nicht mit weniger als 0 Punkten bewertet.

Vektorverarbeitung

2P

- d) In welche Klasse bei der Klassifikation von Rechensystemen nach Flynn fallen Vektorprozessoren (Vektorrechner)? In welche Klasse fallen im Vergleich dazu nachrichtengekoppelte Parallelrechner? 1P
- e) Durch welche Methode kann die Ausführung einer Folge voneinander abhängiger Vektoroperationen beschleunigt werden? Erklären Sie diese kurz. 1P

Aufgabe 3: Fragen des Rechnerentwurfs

8P

Leistungsaufnahme

4P

Die elektrische Leistungsaufnahme bei CMOS-Schaltungen P_{total} setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen.

- Eine Komponente von P_{total} ist $P_{switching}$. Geben Sie eine einfache Formel zur Berechnung von $P_{switching}$ an. 0,5 P
- Viele heute verfügbare Mikroprozessoren können ihre Versorgungsspannung und Taktfrequenz im laufenden Betrieb ändern. Unter der Annahme, dass der Prozessor seine Taktfrequenz um 50% und seine Versorgungsspannung um 20% reduzieren kann: Welche Reduktion der elektrischen Leistungsaufnahme lässt sich hierdurch erreichen? 2 P

Um die Leistungsaufnahme zu senken, können durch sogenanntes Clock-Gating Teile eines Mikroprozessors gezielt abgeschaltet werden. Hierbei werden diese Teile einfach vom Taktnetzwerk getrennt.

- Welchen Einfluss hat Clock-Gating auf die einzelnen Bestandteile der elektrischen Leistungsaufnahme P_{total} ? 1,5 P

Low-Power-Entwurf

4P

Zur Ermittlung der Schaltwahrscheinlichkeit einer Schaltung wird häufig ein statistisches Modell herangezogen.

- Geben Sie die allgemeine Formel zur Berechnung der Schaltwahrscheinlichkeit \mathbb{P}_{Schalt} an. 0,5 P
- Gegeben sei ein ODER-Gatter mit drei Eingängen, welches mittels zwei verketteter ODER-Gatter mit jeweils zwei Eingängen realisiert ist. Berechnen Sie die Schaltwahrscheinlichkeit dieses ODER-Gatters mit den drei Eingängen: $\mathbb{P}_{Eingang1}(1) = \frac{1}{2}$, $\mathbb{P}_{Eingang2}(1) = \frac{1}{4}$ und $\mathbb{P}_{Eingang3}(1) = \frac{1}{2}$ 3,5 P

Aufgabe 4: Rechnerarchitektur

15P

Parallelismus auf Befehlsebene

6P

a) Die VLIW- und die Superskalartechnik sind beides Techniken zur Ausnutzung von Parallelismus auf Befehlsebene. Worin unterscheiden sich beide Techniken? *1P*

b) Algorithmus von Tomasulo: *5P*

Untenstehend finden Sie den Zustand der Reservierungstabelle und der Registerdatei eines Superskalarprozessors nach Abarbeitung des ersten Taktes der in Listing 1 dargestellten Befehlsfolge. Geben Sie den Zustand der Reservierungstabelle, sowie der Registerdatei nach Ablauf von Takt 4, d.h. nach drei weiteren Takten, unter Berücksichtigung der in Listing 1 dargestellten Befehlsfolge wieder.

Pro Takt kann ein Befehl in die Reservierungstabelle eingetragen werden. Eine Multiplikation benötigt 6 Takte, eine Addition/Subtraktion 2 Takte.

Takt	Befehlsfolge
1	mul R1, R2, R3
2	mul R3, R1, R2
3	add R4, R2, R3
4	sub R2, R3, R4

Listing 1

(Format: Opcode Ziel, Quelle 1, Quelle 2)

Feld	R1	R2	R3	R4
Value	-	(R2)	(R3)	(R4)
Valid	0	1	1	1
RS	Mul 1	-	-	-

Registerdatei

Unit	Empty	InFU	Op	Dest	Src1	Vld1	RS1	Src2	Vld2	RS2
Int 1	1									
Int 2	1									
Mul 1	0	0	mul	R1	(R2)	1	-	(R3)	1	-
Mul 2	1									

Reservierungstabelle

Sprungvorhersage**5P**

- c) Worin unterscheiden sich statische und dynamische Sprungvorhersagetechniken? *1P*
- d) Gegeben Sei nun ein (1,1)-Korrelationsprädiktor, der global verwendet werde. Das Schieberegister BHR sei mit `Taken` initialisiert, und die beiden 1-Bit-Prädiktoren ebenfalls mit `Taken`. Füllen Sie die auf dem Lösungsblatt angegebene Tabelle aus. Kennzeichnen Sie den jeweils ausgewählten Prädiktor deutlich. *4P*

MOESI-Kohärenzprotokoll**4P**

Ein Dreiprozessorsystem sei speichergekoppelt. Die Caches haben je eine Größe von zwei Cachezeilen, welche je genau ein Speicherwort aufnehmen können. Die Füllung der Caches erfolgt jeweils von der niedrigsten Cachezeile aufwärts, sofern noch freie Zeilen zur Verfügung stehen, andernfalls wird gemäß LRU-Strategie verdrängt. Als Cache-Kohärenzprotokoll komme das MOESI-Protokoll zum Einsatz.

- e) Vervollständigen Sie die auf dem Lösungsblatt angegebene Tabelle: Geben Sie jeweils Inhalt der Cache-Zeile und MOESI-Zustand an. *4P*

Aufgabe 5: Fehlertoleranz

10P

Ausfallverhalten

2P

Der Verlauf des Produktausfallverhaltens in Relation zum Produktalter lässt sich durch die Badewannenkurve illustrieren.

- a) Wie heißt der Bereich der Kurve, in welchem diese einen exponentiellen Anstieg verzeichnet? 1P
- b) Welche Effekte sind ursächlich für diesen Anstieg? 1P

Redundanzsysteme

5P

Zur Steuerung eines Flugzeugs werden drei verschiedene Rechensysteme ($RS1$, $RS2$, $RS3$) eingesetzt. Alle drei bekommen die gleichen Eingabewerte und rechnen mit diesen vollkommen unabhängig voneinander. Zur Synchronisation der drei Rechensysteme ist ein Mehrheitsentscheider (V) nachgeschaltet. Das System arbeitet korrekt, wenn mindestens 2 von 3 Rechensystemen ein Ergebnis an den Mehrheitsentscheider übermitteln und dieser entscheidet.

- c) Zeichnen Sie das Zuverlässigkeitsblockdiagramm des Gesamtsystems. 1P
- d) Stellen Sie die Systemfunktion SF des Gesamtsystems auf. 1P
- e) Geben Sie die Formel zur Berechnung der Funktionswahrscheinlichkeit des Gesamtsystems an. 1,5P
- f) Das System wird von einem 2-aus-3-System zu einem 3-aus-5-System mit Mehrheitsentscheider erweitert. Hierbei verändert sich die Funktionswahrscheinlichkeit. Beschriften Sie hierzu die auf den Lösungsblättern angegebene Grafik, indem Sie das 2-aus-3- und das 3-aus-5-System ihrer jeweiligen Kurve zuordnen. Wie kommt es zu diesem Verhalten? Begründen Sie! 1,5P

Berechnungen zur Verfügbarkeit

3P

- g) Wie lautet die Formel zur Berechnung der Punktverfügbarkeit V eines Systems? 1P
- h) Das System weist eine mittlere Reparaturzeit von $MTTR = 10h$ und eine Punktverfügbarkeit V von 98% auf. Berechnen Sie die mittlere Funktionszeit $MTTF$. 1P
- i) Welche Gesetzmäßigkeit besteht zwischen der Ausfallrate $z(t)$ und der Fehlerwahrscheinlichkeit $F_L(t)$? 1P

Aufgabe 6: Quantifizierung

10P

Analytische/empirische Leistungsbewertung

3P

Ein Rechenzentrumsleiter soll zwischen zwei Rechensystemen A und B entscheiden. Er möchte dies unter Zuhilfenahme von einfachen analytischen Mitteln tun.

- a) Das Rechensystem A weist für eine durchschnittliche Anzahl von 45 Jobs in der Warteschlange eine Wartezeit von 90 Minuten auf. Für System B gibt der Hersteller folgende Kennzahlen an: ein Durchsatz von $20 \frac{\text{Jobs}}{\text{Stunde}}$ bei einer Wartezeit von 30 Minuten. Verwenden Sie das Gesetz von Little, um die Rechensysteme zu vergleichen. Welches der Systeme empfehlen Sie und warum? 1P

Ihre Firma entwickelt eine Prozessorerweiterung, welche die Ausführung bestimmter Operationen beschleunigen soll. Die Erweiterung ist mit Hilfe von programmierbarer Logik auf einem FPGA realisiert.

- b) Die Leistung dieser Prozessorerweiterung soll mit Hilfe von Monitoren überwacht werden. Diese Monitore können in Hard- oder Software realisiert werden. Nennen Sie die Vor- und Nachteile beider Möglichkeiten. 2P

Modelltheoretische Verfahren

3P

In der Vorlesung haben Sie die modelltheoretischen Verfahren kennengelernt.

- c) Welchen Vorteil haben die modelltheoretischen Verfahren? 1P
- d) Nennen Sie den wichtigsten Schritt bei der Umsetzung der modelltheoretischen Verfahren und drei notwendige Unterschritte. 2P

Leistungsbewertung mit Benchmarks

4P

In der Vorlesung wurde die SPEC-Benchmark-Suite vorgestellt.

- e) Welchen Vorteil hat die SPEC-Benchmark-Suite gegenüber der Bewertung anhand von einfachen HW-Eigenschaften? 1P
- f) Wie heißt das Zwischenergebnis, das (nach dem Ausführen des Benchmarks) für einen Benchmark ermittelt wird, und wie wird dieses berechnet? 1P
- g) Wie berechnet sich aus diesen Zwischenergebnissen die Gesamtbezugsgröße für die Benchmarks der SPEC CINT 2006, wenn aggressive Optimierungen nicht erwünscht sind? 1P
- h) Das Referenzsystem für die SPEC CINT 2006 Benchmarks soll von der bisher verwendeten Sun Ultra Enterprise 2 auf einen Intel Xeon X5677 umgestellt werden. Welche Eigenschaft ginge hiermit verloren? 1P



Karlsruher Institut für Technologie
Institut für Technische Informatik
Prof. Dr. Wolfgang Karl

Klausur Rechnerstrukturen

Sommersemester 2011

Lösungsteil

Name: _____
Vorname: _____
Matrikelnummer: _____

Tragen Sie bitte auf jedem Blatt Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer ein. Bitte tragen Sie alle Lösungen und Rechenwege an den vorgesehen Stellen ein und geben Sie keine zusätzlichen Blätter ab, ohne dies dem Aufsichtspersonal mitzuteilen.

Hinweis: Bei Rechenaufgaben ist die Angabe des Rechenwegs zwingend erforderlich. Ergebnisse ohne Rechenweg werden **nicht** gewertet.

Zum Bestehen der Klausur sind mindestens 20 Punkte erforderlich.

- () Ich wünsche **keine** Notenveröffentlichung per Aushang (Matrikelnummer und Note) am schwarzen Brett
(Bei Ankreuzen kann die Note erst in der Klausureinsicht erfragt werden.)

Erreichte Punkte (wird vom Institut ausgefüllt):

Aufgabe	1	2	3	4	5	6
Punkte	/9	/8	/8	/15	/10	/10
					Summe:	/60

Lösung 1: Parallelverarbeitung und Verbindungsstrukturen

9P

Quantitative Maßzahlen

4P

a)

1P

b) •

1P

•

c) Absolute Beschleunigung und absolute Effizienz erhält man, indem

1P

d)

1P

Verbindungsstrukturen**5P**

e)

1P

f) Kreuzpermutation:

1P

a_3	a_2	a_1	a_1	a_2	a_3
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	1

g) •

1P

•

h)

1P

i) •

1P

•

Lösung 2: Parallele Architekturen

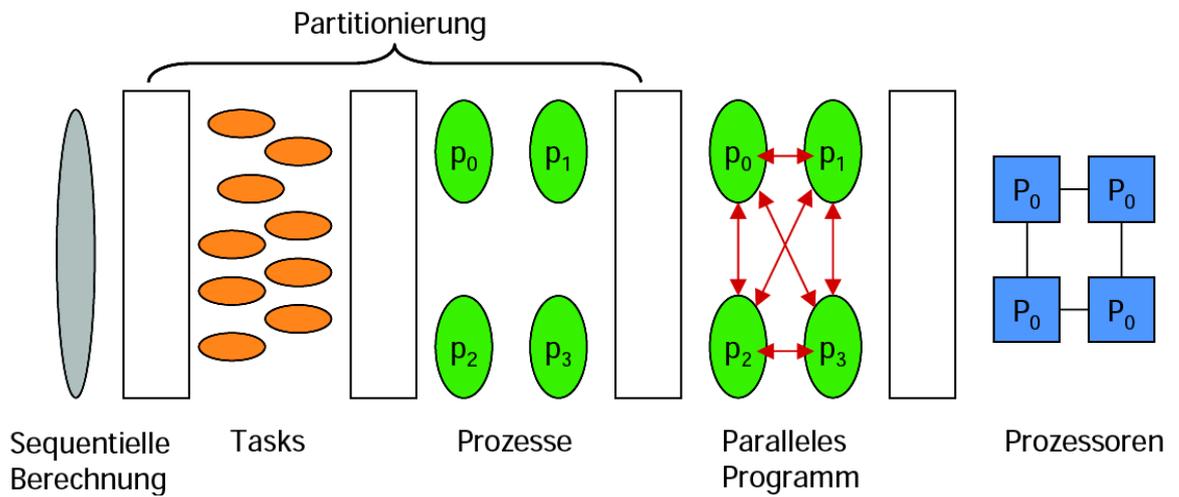
8P

Parallele Architekturen und Parallelisierung

6P

a)

2P



b)

1P

c)

	Gemeinsamer Speicher	Physikalisch verteilter Speicher
Globaler Adressraum		
Getrennte Adressräume		

3P

Name:

Matrikelnummer:

5/14

Vektorverarbeitung

2P

d) •

1P

•

e)

1P

Lösung 3: Fragen des Rechnerentwurfs**8P****Leistungsaufnahme****4P**

a) Antwort:

0.5 P

b) Antwort:

2 P

c) Antwort:

*1.5P***Low-Power-Entwurf****4P**

d) Formel:

0.5 P

e) Berechnung:

3.5 P

Sprungvorhersage**5P**

c) Antwort:

1P

d) Tabelle:

4P

Richtung	Aktuelle Vorhersage		
	Historie	Prädiktor	Vorh.
NT	T	(T , T)	
T		(,)	
NT		(,)	
NT		(,)	
T		(,)	
NT		(,)	
NT		(,)	
T		(,)	

MOESI-Kohärenzprotokoll**4P**

e) Tabelle:

4P

Prozessor	Aktion	Prozessor 1		Prozessor 2		Prozessor 3	
		Line 1	Line 2	Line 1	Line 2	Line 1	Line 2
	init	-	-	-	-	-	-
2	rd 4			4/E			
1	rd 1	1/E					
1	rd 3		3/E				
3	rd 4			4/S		4/S	
1	wr 1						
2	rd 3						
3	wr 1						
3	rd 3						
3	rd 4						
1	wr 3						
2	wr 4						
2	wr 2						

Lösung 5: Fehlertoleranz**10P****Ausfallverhalten****2P**

a) Antwort:

1P

b) Antwort:

*1P***Redundanzsysteme****5P**

c) Zuverlässigkeitsblockdiagramm:

1P

d) Systemfunktion:

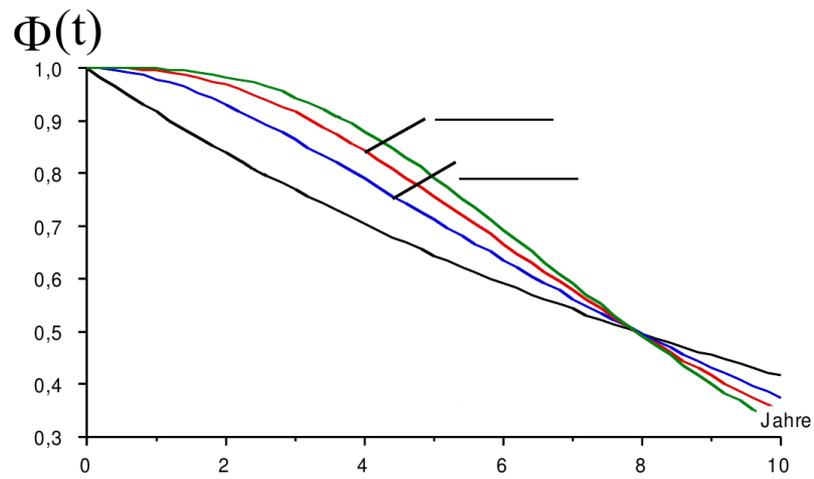
1P

e) Formel für Gesamtsystem:

1,5P

f) Antwort:

1,5P

**Berechnungen zur Verfügbarkeit****3P**

g) Formel für Punktverfügbarkeit:

1P

h) Rechnung:

1P

Name:

Matrikelnummer:

12/14

i) Antwort:

IP

Lösung 6: Quantifizierung**10P****Analytische/empirische Leistungsbewertung:**

a) Gesetz von Little (Rechnung und Empfehlung):

1P

b) Software-Monitor:

2P

Hardware-Monitor:

Modelltheoretische Verfahren**3P**

c) Antwort:

1P

d) Antwort:

2P

Name:

Matrikelnummer:

14/14

Leistungsbewertung mit Benchmarks

4P

e) Antwort:

1P

f) Antwort:

1P

g) Antwort:

1P

h) Antwort:

1P