

Universität Karlsruhe

Institut für Rechnerentwurf und Fehlertoleranz

Prof. Dr. Wolfgang Karl

Klausur Rechnerstrukturen

Sommersemester 2004

Aufgabenteil

Aufgabe 1 (Leistungsbewertung)

10 Punkte

Es werden zwei Prozessoren A und B miteinander verglichen. Hierzu wird ein Programm für beide Prozessoren kompiliert und folgende Daten werden ermittelt:

Prozessor	CPI	Befehlsanzahl	Ausführungszeit
A	3/2	3.000.000	2ms
B	1	2.500.000	2ms

- Berechnen Sie unter Angabe des Rechenweges den jeweiligen Prozessortakt für die beiden Prozessoren. Welcher Prozessor hat den besseren Wert? *2P*
- Berechnen Sie unter Angabe des Rechenwegs den jeweiligen MIPS Wert für die beiden Prozessoren. Welcher Prozessor hat den besseren Wert? *1P*
- Geben Sie jeweils einen Grund aus dem Hardware- und Softwarebereich an, weswegen diese zwei Werte (Prozessortakt, MIPS) nicht für einen fairen Architekturvergleich ausreichen. *2P*

Benchmarks sind eine verlässliche Methode zur Leistungsbewertung. Auf einem 4GHz-Prozessor wird ein solcher Benchmark abgearbeitet. Nachfolgende Tabelle listet die auftretenden Befehlstypen mit Häufigkeit und jeweiliger Zyklenzahl.

Befehlstyp	Anzahl in 10^3	Zyklenzahl
Integer-Arithmetik	300	1
Fließkomma-Arithmetik	75	2
Speicherzugriff	150	3
Kontrollflußtransfer	25	4

- Bestimmen Sie auf Basis dieser Daten die Werte für Ausführungszeit, CPI, MIPS und MFLOPS. *5P*

Aufgabe 2 (Prozessorarchitektur)

15 Punkte

Ein Prozessor verwende eine einfache 1-Bit Sprungvorhersageeinheit (SVE). Folgendes Codefragment laufe auf diesem Prozessor:

```

        LD r0, #1          ; r0=1
loop1:  LD r1, #1          ; r1=1
loop2:  <...>             ; (Schleifenkörper)
        DEC r1            ; r1=r1-1
        BREQ loop2        ; goto loop2, wenn r1==0
        DEC r0            ; r0=r0-1
        BREQ loop1        ; goto loop1, wenn r0==0

```

- Wie oft wird der Schleifenkörper mit diesem Konstrukt abgearbeitet? 1P
- Die SVE werde mit dem Zustand *NT* initialisiert. Tragen Sie hierfür Registerinhalt, alten und neuen Zustand des Prädiktors, sowie den Ausgang der Vorhersage in die dafür vorgesehene Tabelle. (Markieren Sie Fehlvorhersagen mit “falsch”, korrekte Vorhersagen mit “richtig”.) 3P
Hinweis: Die Aufgabenstellung ist in dieser Form offenbar mißverständlich formuliert. Die Musterlösung reflektiert beide Lösungsmöglichkeiten, d.h. globale Sprungvorhersage für alle Sprünge bzw. individuelle Sprungvorhersage pro Sprung.
- Gibt es eine günstigere Initialisierung für die SVE? Begründen Sie Ihre Antwort. 1P
(Antworten ohne Begründung werden nicht gewertet.)
- Erläutern Sie das Konzept der (m,n)-Korrelationsprädiktoren und erklären Sie, wieso diese einfachen n-Bit Prädiktoren überlegen sind. Zeigen Sie, daß (m,n)-Korrelationsprädiktoren eine Oberklasse der n-Bit Prädiktoren sind. 3P
- Das Codefragment soll als Benchmark zur Leistungsbewertung verwendet werden. Darum soll die Schleifenabarbeitung dahingehend verbessert werden, daß eine möglichst kurze Ausführungszeit erreicht wird. Der Prozessor unterstütze *nicht* die bedingte Befehlsausführung (Prädikate) und verfüge über eine lange Pipeline. Welche Schleifenoptimierungstechnik (und warum) würden Sie darum einsetzen? 1P

Heutige Prozessoren bringen sequentielle Befehlsfolgen intern parallel zur Ausführung.

- Geben Sie den grundsätzlichen Unterschied zwischen superskalaren und VLIW-Prozessoren an, was die Befehlsparallelisierung angeht. 1P
- Bei der Parallelisierung von sequentiellen Befehlsfolgen muß auf die Einhaltung der ursprünglichen Semantik geachtet werden. Was passiert bei den sogenannten Precise Interrupts und welche Einheit ist für die korrekte Auflösung dieser Unterbrechungen verantwortlich? 2P

- h) Erläutern Sie den Unterschied zwischen Datenabhängigkeiten und Pipeline-Konflikten. Beantworten Sie insbesondere, warum Datenabhängigkeiten nicht zwingend zu Pipeline-Konflikten führen müssen. *1.5P*
- i) Warum werden Gegenabhängigkeiten und Ausgabeabhängigkeiten oft auch als falsche Abhängigkeiten bezeichnet bzw. *name dependencies* genannt und wie lassen sie sich entfernen? *1.5P*

Aufgabe 3 (Speicherhierarchie/Caches)**10 Punkte**

- a) Benennen und erklären Sie die drei grundsätzlichen Cache-Organisationen. Geben Sie hierbei stichwortartig Vor- und Nachteile der einzelnen Organisationen an. *3P*
- b) In modernen Prozessorarchitekturen wie dem Pentium 4 existiert ein Cache-Typ, der den Instruktionscache ersetzt. Wie wird dieser Typ genannt, welche Funktion hat er, und worin unterscheidet er sich grundsätzlich vom Instruktionscache? *2P*
- c) Für einen L1-Cache gelte $t_{H,c} = 3ns$ und $r_{H,c} = 0.9$. Für den Hauptspeicher gelte $t_{H,m} = 100ns$. Berechnen Sie die mittlere Zugriffszeit t_A unter Angabe des vollständigen Berechnungsweges. *1P*
- d) Betrachten Sie einen direct-mapped Cache mit $r_H = 0.8$, $t_H = 2.5ns$ und $t_M = 50ns$. Ergänzen Sie nun diesen Cache um eine weitere Stufe (L2) mit $t_H = 16ns$, $r_H = 0.25$. Vergleichen Sie die mittleren Zugriffszeiten t_{A1} und t_{A2} beider Architekturen. Geben Sie auch hier den vollständigen Berechnungsweg – insbesondere für t_{A2} – an. *2P*
- e) Unter der Annahme, daß sich die Speicherzugriffszeiten nicht weiter beschleunigen lassen: Wie ließe sich die Leistungsfähigkeit des kombinierten L1/L2-Systems weiter steigern und wie wird das in der Praxis realisiert? Geben Sie hierzu zwei Punkte mit kurzer Wertung an. *1P*
- f) Heutige Taktgeschwindigkeiten wirken begrenzend auf die Größe des L1-Caches bzw. seine Zugriffsgeschwindigkeit. Warum? *1P*

Aufgabe 4 (Cache-Kohärenz und Parallelverarbeitung) 15 Punkte

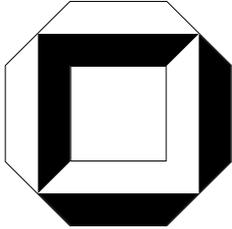
- a) Geben Sie an, in welcher Form Cache-Zeilen zur Unterstützung des MESI-Kohärenzprotokolls ergänzt werden. *1P*
- b) Das MESI-Kohärenzprotokoll definiert 4 Zustände. Benennen und erklären Sie die einzelnen Zustände und die jeweils ausgelösten Aktionen. *4P*
- c) In der Vorlesung wurden die Zustandswechsel für lokale und externe Speicherzugriffe vorgestellt. Zeichnen Sie den vollständigen Zustandsgraphen des MESI-Protokolls für *lokale* Speicherzugriffe. *4P*
- d) Was ist die Voraussetzung für das MESI-Protokoll bezüglich der Erfassung externer Speicherzugriffe? *1P*
- e) Geben Sie zwei Programmierparadigmen für parallele Programmierung an. Legen Sie den Unterschied dar und geben Sie je ein Beispiel. *2P*
- f) Ein Verbindungsnetz bestehe aus 15 Knoten. Die Netzwerktopologie habe den Verbindungsgrad 3 und Diameter 2. Die Bisektionsbreite sei 5. Berechnen Sie für dieses Netz Diskonnektivität und Kosteneffektivität. *1.5P*
- g) Welche Bedeutung haben Bisektionsbreite und Konnektivität für die Bewertung eines Verbindungsnetzwerkes? *1.5P*

Aufgabe 5 (Fehlertoleranz)**10 Punkte**

- a) Hinsichtlich ihrer zeitlichen Erscheinung sind drei Fehlertypen definiert. Benennen Sie diese. 1.5P
- b) Fehler können verschiedene Ursachen haben. Benennen Sie drei ursächliche Fehlertypen. 1.5P
- c) Beschreiben Sie die sogenannte Badewannenkurve und ihre Phasen. 1P

Das Bremssystem bei Kfz ist als sogenanntes Zweikreisssystem realisiert. Die hauptsächliche Bremsleistung (80%) wird hierbei von den vorderen Bremsen erbracht. Bis vor etwa 25 Jahren wurde das Zweikreisssystem in vorderen und hinteren Bremskreislauf aufgeteilt, mittlerweile jedoch überkreuzt, d.h. vorne links mit hinten rechts und umgekehrt.

- d) Geben Sie je eine Formel für die zur Verfügung gestellte Bremsleistung in Abhängigkeit der Funktionswahrscheinlichkeiten $\phi(K1)$ und $\phi(K2)$ für beide Bremssysteme an. Bewerten Sie das Ergebnis vor dem Hintergrund, daß es mindestens einer Bremsleistung von 50% bedarf, um das Kfz sicher zum Stehen zu bringen. 3P
- e) Es soll nun ein brake-by-wire System eingeführt werden. Hierbei wird das konventionelle Zweikreis-Bremssystem durch vier voneinander unabhängige elektrohydraulische Bremszylinder B_1 bis B_4 ersetzt. Zeichnen Sie das Zuverlässigkeitsblockdiagramm dieses neuen Systems und ermitteln Sie dessen Systemfunktion. 2P
Hinweis: Durch nicht ausreichende Abgrenzung zum Aufgabenteil d) kam es zu Mißverständnissen; die Musterlösung beinhaltet deswegen die Lösungen für das geforderte unabhängige System wie auch ein allgemeines 2-aus-4-System.
- f) Berechnen Sie die Funktionswahrscheinlichkeit für das neue System. Es gelte für alle B_x , daß $\phi(B_x) = 0.99$. 1P



Universität Karlsruhe

Institut für Rechnerentwurf und Fehlertoleranz

Prof. Dr. Wolfgang Karl

Klausur Rechnerstrukturen

Sommersemester 2004

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.

Zum Bestehen der Klausur sind mindestens 20 Punkte erforderlich.

- Ich wünsche die Notenveröffentlichung per Aushang (Matrikelnummer und Note) am schwarzen Brett
- Ergebnis nicht per Aushang veröffentlichen, ich komme persönlich vorbei.

Erreichte Punkte (wird vom Institut ausgefüllt):

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

Lösung 1 (Leistungsbewertung)**10 Punkte**a) Takt_A: 2PTakt_B:

Fazit:

b) MIPS_A: 1PMIPS_B:

Fazit:

c) Erklärung: 2Pd) Anzahl Instruktionen: 5P

Taktzyklen:

Zykluszeit:

Ausführungszeit:

CPI:

MIPS:

MFLOPS:

Lösung 2 (Prozessorarchitektur)**15 Punkte**

a) Antwort:

1P

b)

3P

Befehl	Inhalt		Prädiktor		Vorhersage
	r1	r0	alt	neu	
Init	1	1	—	NT	—
BREQ loop2		—			
BREQ loop2		—			
BREQ loop1	—				
BREQ loop2		—			
BREQ loop2		—			
BREQ loop1	—				

c) Erklärung:

1P

d) Antwort:

*3P*e) Schleifenoptimierungstechnik:
Begründung:*1P*

Name:

Matrikelnummer:

4/10

f) Antwort:

1P

g) Antwort:

2P

h) Antwort:

1.5P

i) Antwort:

1.5P

Lösung 3 (Speicherhierarchie/Caches)**10 Punkte**

a) Antwort:

3P

b) Typ:

2P

Funktion:

c) Formel für die Berechnung von t_A :

1P

Berechnung:

d) Berechnung von t_{A1} :

2P

Formel für die Berechnung von t_{A2} :Berechnung von t_{A2} :

e) Antwort:

1P

Name:

Matrikelnummer:

6/10

f) Antwort:

1P

**Lösung 4 (Cache-Kohärenz und Parallelverarbeitung) 15
Punkte**

a) Antwort:

1P

b) Antwort:

*4P*c) *Diagramm bitte auf der folgenden Seite eintragen.**4P*

d) Antwort:

1P

Lösung 5 (Fehlertoleranz)**10 Punkte**a) 1. *1.5P*

2.

3.

b) 1. *1.5P*

2.

3.

c) Antwort: *1P*d) Fall 1: *3P*

Fall 2:

Bewertung:

e) *Diagramm bitte auf der folgenden Seite eintragen* *2P*

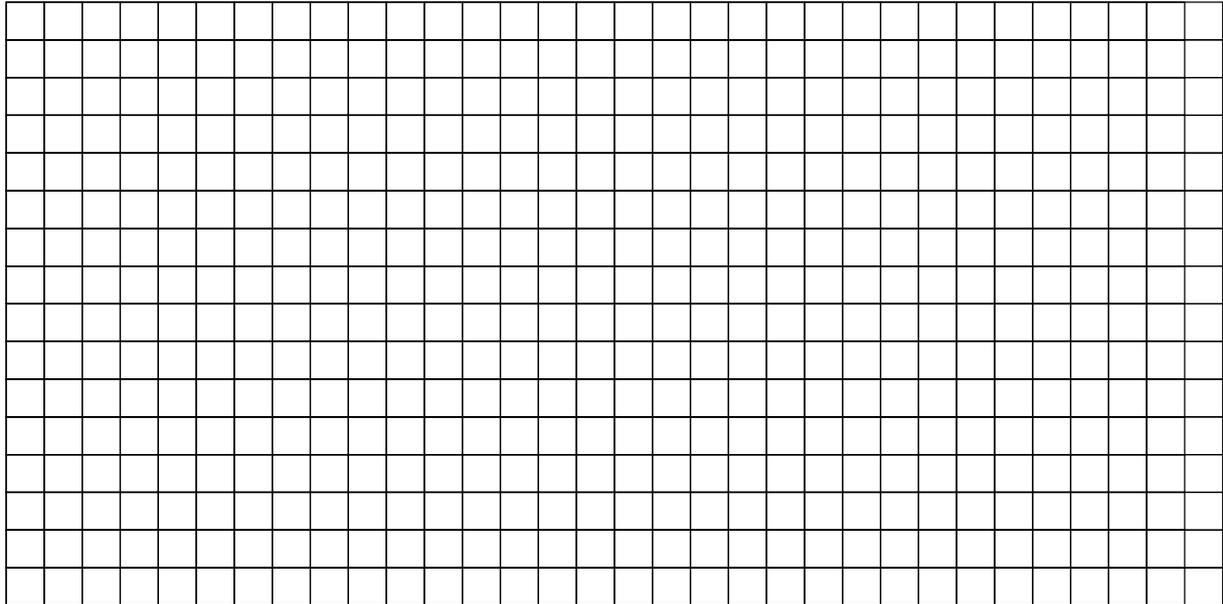
Systemfunktion:

Name:

Matrikelnummer:

10/10

Zuverlässigkeitsblockdiagramm:



f) Funktionswahrscheinlichkeit:

1P