

Universität Karlsruhe

Institut für Rechnerentwurf und Fehlertoleranz

Prof. Dr. Wolfgang Karl

Klausur Rechnerstrukturen

Wintersemester 2004/05

Aufgabenteil

Aufgabe 1 (Leistungsbewertung)

10 Punkte

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

Prozessor	CPI	Befehlsanzahl	Ausführungszeit
A	4/3	3.000.000	1.6ms
B	5/4	1.600.000	2ms

- a) Berechnen Sie unter Angabe des Rechenweges den jeweiligen Prozessortakt für die beiden Prozessoren. Welcher Prozessor hat den besseren Wert? **2P**
- b) Berechnen Sie unter Angabe des Rechenwegs den jeweiligen MIPS Wert für die beiden Prozessoren. Welcher Prozessor hat den besseren Wert? **1P**
- c) Da MIPS keinen sinnvollen Vergleich zwischen unterschiedlichen Architekturen erlaubt, haben sich Benchmarks wie der SPEC-Benchmark etabliert. Erläutern Sie, **2P**
- in welche zwei grundsätzlichen Benchmarks der CPU2000 Benchmark aufgeteilt wird und **0.5P**
 - welche zwei Kategorien bezüglich der Meßgrößen existieren und **0.5P**
 - erklären Sie kurz, welche zwei Optimierungsstufen existieren und wozu diese dienen. **1P**
- d) Benchmarks sind eine verlässliche Methode zur Leistungsbewertung. Auf einem 2.5GHz-Prozessor wird ein solcher Benchmark abgearbeitet. Nachfolgende Tabelle listet die auftretenden Befehlstypen mit Häufigkeit und jeweiliger Zyklenzahl. **5P**

Befehlstyp	Anzahl in 10^3	Zyklenzahl
Integer-Arithmetik	500	2
Fließkomma-Arithmetik	25	10
Speicherzugriff	200	5
Kontrollflußtransfer	75	2

- (d.1) Bestimmen Sie auf Basis dieser Daten die Werte für Ausführungszeit, CPI, MIPS und MFLOPS. **4P**
- (d.2) Die Architektur, von der diese Benchmarkzahlen stammen, sei eine RISC-Architektur. Wenn sie die Relation von arithmetischen Befehlen zu Speicherzugriffen betrachten, was fällt auf und wie ließe sich diese Architektur diesbezüglich optimieren? **1P**

Aufgabe 2 (Prozessorarchitektur)**15 Punkte****Sprungvorhersage****(11 Punkte)**

- a) In den Anfängen der Sprungvorhersage wurden feste Sprungverläufe angenommen. Welche zwei grundsätzlichen Sprungverlaufsannahmen existieren für solche statischen Sprungvorhersagen? **1P**
- b) Im allgemeinen erweist sich eine dieser beiden Annahmen als weit vorteilhafter. Um welche Annahme handelt es sich, welche Programmkonstrukte profitieren hiervon besonders und warum? **1P**
- c) Welches grundsätzliche Problem haftet 1-Bit Prädiktoren an? (*Denken Sie hierbei an die in der vorherigen Aufgabe benannten Programmkonstrukte.*) **1P**
- d) 2-Bit Prädiktoren weisen dieses Problem nicht auf. Zeichnen Sie das Zustandsdiagramm eines 2-Bit Prädiktors mit Sättigungszähler und erklären Sie die Funktionsweise. **2P**
- e) Erklären Sie die Funktionsweise von (m,n)-Korrelationsprädiktoren. **2P**
- f) Welche grundsätzliche Fähigkeit unterscheidet die Korrelationsprädiktoren von den oben genannten 1- und 2-Bit Prädiktoren? Wodurch wird diese Fähigkeit erzielt? **1P**
- g) Für welche Konfiguration verhält sich der (m,n)-Korrelationsprädiktor wie ein einfacher n-Bit-Prädiktor und warum? **1P**
- h) Bei welchem Programmiermodell treten Sprünge prinzipbedingt nicht auf? Wie wird hier grundsätzlich bei der Abarbeitung einer IF-THEN-ELSE Anweisung verfahren? (*3 Schritte*) **2P**

Allgemeine Fragen**(4 Punkte)**

- i) Beschreiben Sie den Aufbau der exemplarischen 5-stufigen RISC-Pipeline. **1P**
- j) Warum bedingen höhere Taktfrequenzen feingranularere und damit längere Pipelines? **1P**
- k) Zielsetzung bei der Entwicklung von RISC-Architekturen war auch das Erzielen einfacher Pipelining-Möglichkeiten. Welche zwei Eigenschaften von CISC-Architekturen sind bei der Erstellung einer Pipeline besonders hinderlich und warum? **2P**

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

- a) Gegeben sind drei Cache-Organisationen, direkt abgebildet, 4-fach satzassoziativ und vollassoziativ. Die Kapazität des direkt abgebildeten Caches betrage 32 Blöcke zu je 8 Datenworte; die beiden anderen Caches seien von gleicher Gesamtgröße. Die Speicheradresse umfasse 48 Bit. Geben Sie an, wie sich die Größe von Wortadresse, Index und Tag berechnen und errechnen Sie dann für die drei Organisationen, wieviele Bits der Adresse zur Adressierung von Sätzen, Blöcke innerhalb eines Satzes, Index und Tag verwendet werden. **3P**
- b) Worin liegt der Vorteil eines n-fach satzassoziativen Cache-Speicher gegenüber direkt abgebildetem Cache-Speicher? Geben Sie eine kurze Begründung ihrer Antwort. **1P**
- c) Nennen Sie zwei Gründe, weswegen anstatt vollassoziativem Cache-Speicher n-fach satzassoziativer Speicher verwendet wird. **1P**
- d) Für einen direkt zugeordneten L1-Cache gelte $t_H = 2.5ns$ und $r_H = 0.8$. Für den Hauptspeicher gelte $t_M = 250ns$. Berechnen Sie die mittlere Zugriffszeit t_A unter Angabe des vollständigen Berechnungsweges. **1P**
- e) Unter der Annahme, daß sich die Zugriffszeiten t_H und t_M nicht verbessern lassen, durch welche zwei Maßnahmen könnte die mittlere Zugriffszeit dennoch verringert werden und warum? **2P**
- f) In der modernen Systemarchitektur sind Caches als Methode zur Beschleunigung von Speicherzugriffen unverzichtbar geworden. **2P**
- Geben Sie an, worin der technologische Unterschied zwischen Cache-Speichern und typischen Hauptspeichern liegt und warum letzterer prinzipbedingt langsamer ist. **1P**
 - Begründen Sie, warum man nicht den gesamten Hauptspeicher aus schnellen Cache-Speichern fertigt. **1P**

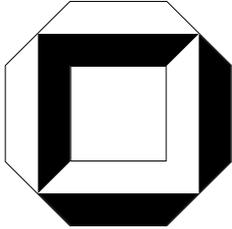
Aufgabe 4 (Cache-Kohärenz und Parallelverarbeitung) 15 Punkte

- a) In Multiprozessorsystemen welcher Art kommt das MESI-Protokoll zum Einsatz und welche zwei Basiseigenschaften charakterisieren diese Systeme? **2P**
- b) Wie bezeichnet man die bei MESI verwendete Technik, durch die ein lokaler Prozessor entfernte Zugriffe auf den Speicher bemerkt? Was ist hierfür die Grundvoraussetzung? **1P**
- c) Welche Einheit ist für die Abarbeitung des MESI-Protokolls zuständig und welche hardwaretechnischen Änderungen (mit Erklärung) müssen an einer generischen Einheit dieser Art vorgenommen werden, um sie MESI-tauglich zu machen? Welche weitere, den Cache-Speicher betreffende Änderung muß vorgenommen werden? **3P**
- d) Der Cache des lokalen Prozessors enthalte einen Speicherblock. Der Zustand der betreffenden Cache-Zeile sei M . **4P**
- Erklären Sie die Bedeutung dieses Zustandes. **1P**
 - Welche Schritte würden sich in einem Zweiprozessorsystem abspielen, wenn der lokale Prozessor einen nicht näher definierten Lesezugriff des entfernten Prozessors auf diesen Speicherblock bemerkt? Welche Signalleitungen sind beteiligt? **2P**
 - In welchen Zuständen kann sich die betroffene Cache-Zeile anschließend im lokalen Cache befinden? **1P**
- e) Eine Anwendung habe eine Ausführungszeit auf einem Einprozessorsystem von $T(1)=128$. Diese wird auf einem Multiprozessorsystem mit 16 Prozessoren zur Abarbeitung gebracht. Die Leistungssteigerung betrage $S(16)=12$, die Anzahl der auszuführenden Einheitsoperationen sei $P(16)=48$. **3P**
- Berechnen Sie die Effizienz $E(16)$, die Ausführungszeit des Multiprozessorsystems $T(16)$ und den Parallelindex $I(16)$. **1.5P**
 - Geben Sie die Formel für Amdahls Gesetz an und ermitteln Sie den Bruchteil des Programms, der nur sequentiell ausführbar ist. **1.5P**
- f) Ein Verbindungsnetz bestehe aus 24 Knoten. Die Netzwerktopologie habe den Verbindungsgrad 4 und Diameter 3. Die Bisektionsbreite sei 6. Berechnen Sie unter Angabe der zugrundeliegenden Formeln für dieses Netz Diskonnektivität und Kosteneffektivität. **1P**
- g) Was ist das Grundelement zum Aufbau dynamischer Verbindungsnetze und welches Symbol beschreibt es? **1P**

Aufgabe 5 (Fehlertoleranz)

10 Punkte

- a) Die Titan-Sonde Huygens verwendete zwei unabhängige Übertragungskanäle. Die von den unterschiedlichen Modulen gesammelten Daten konnten im Funktionsfall zeitgleich über beide Kanäle verschickt werden, d.h. im Funktionsfalle wurden beide Übertragungskanäle für *unterschiedliche* Datenübertragungen genutzt. **1P**
- Benennen und erklären Sie das zugrundeliegende Redundanzmodell. Beantworten Sie insbesondere, was bei einfachem Ausfall, d.h. wenn nur noch ein Kanal genutzt werden kann, passiert.
- b) Das komplette System bestehe aus einem steuernden Mikrocontroller M , welcher über zwei Solarpaneele S_1 und S_2 gespeist wird. Zur Versorgung des Systems müssen beide Paneele funktionieren. Die Ausgabe des Controllers erfolge wahlweise über die zwei vorhandenen Sendeeinheiten TX_1 und TX_2 , d.h. zum Funktionieren des Systems ist nur eine Sendeeinheit notwendig. **8P**
- (b.1) Zeichnen Sie das Strukturdiagramm des gesamten Systems. **1P**
- (b.2) Ermitteln Sie die Systemfunktion des Systems. **1P**
- (b.3) Erstellen Sie die Formel zur Berechnung der Funktionswahrscheinlichkeit für dieses System. Die Funktionswahrscheinlichkeiten für die Solarpaneele S_1 und S_2 betragen $\Phi(SP)$, die der Sendeeinheiten TX_1 und TX_2 sei $\Phi(TX)$ und die der Controllereinheit M sei $\Phi(M)$. **1P**
- (b.4) Das System ist zwar sendeseitig redundant ausgelegt, weist aber in anderen Bereichen kritische Entwurfsfehler auf. Beispielsweise ist es nicht möglich, die fehlerfreie Funktion des Controllers zu überprüfen. **2P**
- Geben Sie ein Lösungsmodell an (mit Erklärung), welches die Controller-Einheit so verändert, daß direkt in der Einheit die korrekte Funktionsweise sichergestellt ist. **0.5P**
 - Zeichnen Sie ein Strukturdiagramm der so veränderten Controller-Einheit. **0.5P**
 - Wie lautet die allgemeine Formel für die Funktionswahrscheinlichkeit eines solchen Systems? **1P**
- (Hinweis: Simple Vervielfachung wird nicht als Lösung anerkannt.)
- (b.5) Unter der Annahme, daß für **alle** Komponenten aus der vorherigen Teilaufgabe (b.4) gelte generell $\Phi(K) = 0.9$ und für das unveränderte System aus (b.1) bis (b.3) $\Phi(M) = 0.9999$: Geben Sie die Veränderung für die Gesamtfunktionswahrscheinlichkeit an und begründen Sie das Ergebnis, insbesondere welchem System Sie den Vorzug geben würden. **3P**
- c) Wenn ein Hersteller auf sein Produkt lediglich 30 Tage Garantie gewährt, welchen Fehlertyp deckt er hiermit in aller Regel ab? Unter der Annahme, daß es sich um kein Verschleißteil handelt: Von welcher Produkteigenschaft ist er offenbar nicht sonderlich überzeugt bzw. was erwartet er? **1P**



Universität Karlsruhe

Institut für Rechnerentwurf und Fehlertoleranz

Prof. Dr. Wolfgang Karl

Klausur Rechnerstrukturen

Wintersemester 2004/05

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: **2P**Takt_B:

Fazit:

b) MIPS_A: **1P**MIPS_B:

Fazit:

c) SPEC2000 besteht aus: **2P**

Kategorien Durchsatz:

Optimierungsstufen (mit Erklärung):

d) **5P**(d.1) Anzahl Instruktionen: **4P**

Taktzyklen:

Zykluszeit:

Ausführungszeit:

CPI:

MIPS:

MFLOPS:

(d.2) Antwort:

1P

Lösung 2 (Prozessorarchitektur)***15 Punkte***

a) Annahme 1:

1P

Annahme 2:

b) Antwort:

1P

c) Antwort:

1Pd) *Zustandsdiagramm bitte auf der nächsten Seite eintragen.*
Erklärung:**2P**

e) Antwort:

2P

Name:

Matrikelnummer:

6/13

2:

3:

i) Antwort:

1P

j) Antwort:

1P

k) Antwort:

2P

Lösung 3 (Speicherhierarchie/Caches)**10 Punkte**a) Größe der Wortadresse w :**3P**Größe des Index i :Größe des Tags t :

Cache	Sätze	Blöcke/ Satz	i	t
direkt abgebildet				
4-fach satzassoziativ				
vollassoziativ				

b) Antwort:

1P

c) Antwort 1:

1P

Antwort 2:

d) Formel für die Berechnung von t_A :

1P

Berechnung:

e) Maßnahme 1 mit Begründung:

2P

Maßnahme 2 mit Begründung:

f) Speichertechnologie Cache:

2P

Speichertechnologie Hauptspeicher:

Unterschied:

Begründung:

Lösung 4 (Cache-Kohärenz und Parallelverarbeitung) 15 Punkte

a) Art des MP-Systems:

2P

Eigenschaft 1:

Eigenschaft 2:

b) Technik:

1P

Voraussetzung:

c) Zuständige Einheit:

3P

Änderungen an Einheit:

Änderung an Cache-Speicher:

d) Bedeutung:

4P

Ablauf:

Neue Zustände:

e)

3P

$$E(16) =$$

$$T(16) =$$

$$I(16) =$$

Amdahls Gesetz:

Berechnung:

Name:

Matrikelnummer:

11/13

f) Diskonnektivität:

1P

Kosteneffektivität:

g) Antwort:

1P

Lösung 5 (Fehlertoleranz)**10 Punkte**

a) Redundanzmodell:

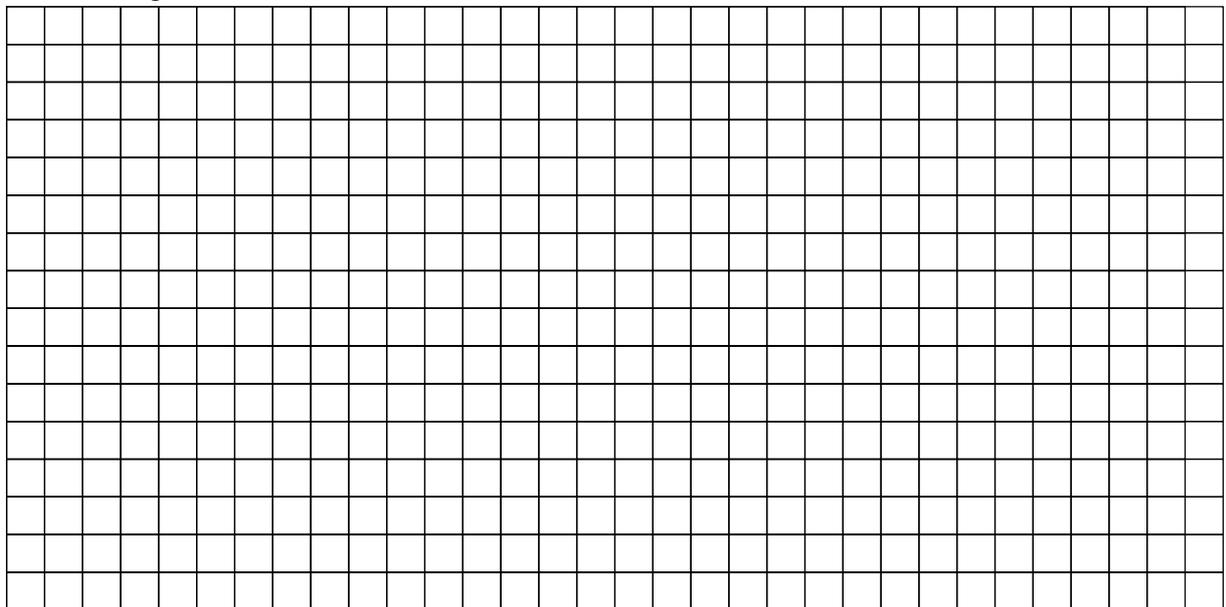
1P

Erklärung:

b)

8P

(b.1) Strukturdiagramm

1P

(b.2) Systemfunktion:

1P

(b.3) Formel Funktionswahrscheinlichkeit:

1P

(b.4) Lösungsmodell:

2P

