

Universität Karlsruhe
Institut für Technische Informatik
Prof. Dr. Wolfgang Karl

Klausur Rechnerstrukturen
Sommersemester 2006
Aufgabenteil

Aufgabe 1: Quantifizierung

15P

Fertigungskosten:

Ein Prozessorhersteller löst ein bisheriges Prozessormodell durch einen gleichwertigen Nachfolger ab. Für den Prozessorhersteller ergeben sich hierdurch 50% Einsparung in den Gesamt-Fertigungskosten. Es wird bekannt, dass das Nachfolgemodell zum Vorgänger fertigungstechnisch vollkommen identisch ist. Auch das Testverfahren habe sich nicht geändert.

- a) Unter Angabe der Formel für die Gesamt-Fertigungskosten: Welchen Parameter identifizieren Sie als Ursache für die Kosteneinsparung? *1P*
- b) Aufgrund der Aufgabenstellung: Welcher Produktionsschritt wurde offenbar entscheidend verbessert? *1P*

Durch den Wechsel von 200mm auf 300mm-Wafern werde die theoretische Ausbeute an Dies (dies per wafer) um den Faktor 2,5 gesteigert. Durch Optimierung im Wafer-Herstellungsprozess seien die Kosten für die Wafer identisch, dennoch lässt sich keine Kostensenkung pro Die erzielen.

- c) Geben Sie die Formel für die Die-Kosten an. Basierend hierauf: Welcher Parameter hat sich verschlechtert? *1P*
- d) Berechnen Sie das Ausmaß der Verschlechterung. *1P*

Die Verschlechterung habe seine Ursache nicht in der Wafer-Ausbeute. Auch die Fertigungstechnologie habe sich nicht verändert. Ebenfalls sei die Die-Größe identisch.

- e) Geben Sie die Formel für den Die-Yield an. Worin liegt die Verschlechterung im Die-Yield begründet? *1P*

Leistungsbewertung:

Ein Rechnerhersteller mache nur vage Angaben zu seinem Produkt. Sie lassen auf einem Testsystem einen Befehlsmix laufen und erzielen folgende Ergebnisse:

Befehlstyp	Anzahl in 10^3	Zyklen
Integer-Arithmetik	300	1
Fließkomma-Arithmetik	100	1
Speicherzugriff	150	5
Kontrollflusstransfer	50	12

Der Befehlsmix benötige für seine Abarbeitung insgesamt $500\mu\text{s}$.

- f) Bestimmen Sie unter Angabe des Rechenwegs die Werte für Zykluszeit, Taktfrequenz und MIPS. 5P
- g) Speziell welches Messergebnis spricht gegen den Einsatz dieser Rechenanlage für Allzweckanwendungen und warum? 1P

Ein Prozessorhersteller preist sein Produkt über die Taktfrequenz an. Der Prozessor habe eine Taktfrequenz von 2,5GHz. Ein Testprogramm mit 1 Million Instruktionen arbeite dieser Prozessor in 5ms ab.

- h) Errechnen Sie basierend auf diesen Zahlen den CPI-Wert des Prozessors. 1P
- i) Errechnen Sie ohne explizite Errechnung des CPI-Werts den MIPS-Wert des Prozessors. 1P

Standardisierte Benchmarks sind eine Möglichkeit, systemübergreifende und die Realität widerspiegelnde Vergleiche anzustellen. Der SPEC-Benchmark ist ein solcher standardisierter Benchmark.

- j) Für den SPEC-Benchmark sind zwei Optimierungsstufen spezifiziert. Wie heißen diese beiden Messverfahren und was lässt sich mit diesen ermitteln? 1P
- k) Welche zwei nicht hardwaregebundene Parameter haben grundsätzlich großen Einfluss auf das Messverfahren? 1P

Aufgabe 2: Hardwareentwurf

10P

VHDL:

In einem VHDL-Quelltext finden Sie in einem getakteten Prozess die folgenden Zuweisungen 1 und 2:

Zuweisung	
1	2
a<=a+1;	a:=a+1;
x:=a+1;	x:=a+1;

- a) Geben Sie den Signaltyp von a für die beiden Varianten an und begründen Sie Ihre Antwort. Gehen Sie hierbei davon aus, dass die Signaldeklaration korrekt an der entsprechenden Stelle im Sourcecode erfolgt sei. 1P
- b) a habe vor der Zuweisung den Wert 4. Welchen Wert hat x nach erfolgter Zuweisung in den beiden Varianten? Begründen Sie kurz ihre Antwort. 2P

Eine Architekturbeschreibung enthalte folgenden Prozess:

```
process (clk)
begin
    if clk'event and clk='1' then
        counter<=counter+1;
    end if;
end process;
```

- c) Synthetisiert funktioniert diese Beschreibung. Ihr Simulationswerkzeug liefert Ihnen jedoch beharrlich für counter den Rückgabewert (others=>"U"). Was bedeutet dieser Zustand und warum ist dies so? 1P
- d) counter sei vom Datentyp unsigned(7 downto 0). Verändern Sie die Beschreibung des Prozesses, so dass der Zähler nur im Bereich 0-191 zählt. Führen Sie hierzu keine neuen Signale ein. 1P

Allgemeiner Teil:

- e) Sie haben eine Schaltungsbeschreibung in VHDL erstellt. Diese wollen Sie anderen Anwendern zur Integration auf beliebigen, für die Schaltung ausreichenden Logikbausteinen zur Verfügung stellen, ohne jedoch den abstrakten Quellcode der Verhaltensbeschreibung herauszugeben. Welche Abstraktionsebene werden Sie daher publizieren und warum? 1P

- f) Logikbausteine haben bezüglich ihrer Matrizen unterschiedliche Freiheitsgrade. Vervollständigen Sie die Tabelle auf dem Lösungsblatt, indem Sie angeben, ob eine Matrix programmierbar (p) oder fest (f) ist. Gehen Sie hierbei von der klassischen Definition der einzelnen Bausteinfamilien aus. *1,5P*
- g) Welchen Signalgruppen entsprechen UND- und ODER-Matrix beim PROM? *1P*
- h) Eine Schaltungsbeschreibung modelliere einen synchronen Zustandsautomaten. Durch die Schaltungssynthese entstehe ein Gleichungssystem mit 9 Produkttermen basierend auf 5 extern zugeführten Signalen. *1,5P*
- Zur Umsetzung der Schaltung stehen PLDs vom Typ 16V8, 22L10 und 22V10 zur Verfügung. Begründen Sie unter Angabe der Anforderungen durch ihre Schaltung, welchen Baustein Sie wählen.

Aufgabe 3: Prozessorarchitektur

12P

Pipelining:

Eine Architektur ohne Pipeline habe eine Taktgeschwindigkeit von 500MHz. Sie verwende 2 Zyklen pro ALU-Instruktion, 5 Zyklen pro Speicherzugriff und 13 Zyklen pro Sprung. In einem Instruktionsmix betrage der jeweilige Anteil 60%, 30% und 10%.

- a) Die Architektur werde in eine Architektur mit Pipeline umgewandelt. Die Zykluszeit werde hierbei um 3ns gesenkt. Ermitteln Sie – unter Errechnung der durchschnittlichen Zykluszeit t_{NP} für die Architektur ohne Pipelining – den zu erwartenden Geschwindigkeitszuwachs s für die Architektur mit Pipeline. 2P
- b) Sprünge sind in einer Architektur mit Pipelining generell problematisch. Eine Klasse von Sprüngen lässt sich in aller Regel ohne Overhead auf Software-Seite behandeln. Welche Klasse ist dies und wie lautet das Verfahren? 1P
- c) Worin liegt der Unterschied zwischen Abhängigkeiten und Konflikten bezogen auf das Pipelining? 1P

Sprungvorhersage:

- d) Welche grundsätzliche Gemeinsamkeit haben n-Bit-Prädiktoren und zweistufig adaptive Prädiktoren vom PAp-Typ? 1P
- e) Welche Art von Sprüngen kann aufgrund welchen Phänomens von diesen Prädiktoren konstruktionsgemäß nicht korrekt behandelt werden? 1P
- f) Gegeben seien ein Adressteil A und ein History-Register H: Wie bilden Sie hieraus den Tabellenindex für einen gselect3/3-Prädiktor und wie für einen gshare6/6-Prädiktor? (A und H seien von ausreichender Größe.) 1P
- g) In einem Programm werde für eine Sprungfolge bestehend aus zwei Sprüngen das auf dem Lösungsblatt gegebene Sprungmuster ermittelt. Die Architektur verfüge über einen (1,1)-Korrelationsprädiktor zur Sprungvorhersage. Auf dem Lösungsblatt eingetragen finden Sie die Initialisierung der Prädiktoren sowie den Ausgang des letzten Sprungs. Vervollständigen Sie die Tabelle. 4P
- h) Zusätzlich zur eigentlichen Sprungvorhersage verwendet der Hybridprädiktor intern einen weiteren Prädiktor. Wie heißt dieser und wozu dient er? 1P

Aufgabe 4: Speicherhierarchie und Parallelrechner

15P

Leistungsfähigkeit von Multiprozessorsystemen

Die Ausführung einer OpenMP-Anwendung auf einem 8-fach SMP-System betrage 0,256 Sekunden. Die sequentielle Ausführungszeit betrage 1,6 Sekunden.

- a) Auf welche Architekturbedingung stützt sich das OpenMP-Modell? 0,5P
- b) Berechnen Sie Speedup und Effizienz. 1P
- c) Ermitteln Sie anhand von Amdahls Gesetz den Bruchteil der Programme, die nur sequentiell ausführbar ist. 1P
- d) Berechnen Sie den Speedup dieser Anwendung auf einem SMP-Rechner mit 16 Prozessoren. 1P

Verbindungsnetze

- e) Wie ist beim e-Cube-Routing die Dimension eines Kanals definiert? 0,5P
- f) Ermitteln Sie unter Angabe des vollständigen Rechenwegs mithilfe des e-Cube-Routing-Algorithmus die möglichen Wege von Knoten 5 zu Knoten 15. 1,5P

Parallelisierung

- g) Zu parallelisieren ist die Berechnung der Summe zweier Felder (Arrays) mit je N Elementen. Beschreiben Sie die zwei Berechnungsphasen auf P Prozessoren und geben Sie die dabei benötigten Zeitschritte an. 1,5P

Caches und Cachekohärenz

- h) Ein System verfüge über eine Speicherhierarchie mit zwei Caches. Die Zugriffszeit der L1-Caches betrage einen Taktzyklus, die des L2-Caches 5 Zyklen. Entsprechend betrage die Zugriffszeit für den Hauptspeicher 150 Zyklen. Es wurden zur Laufzeit einer Anwendung 500 Speicherzugriffe gemessen, wovon 50 Zugriffe vom Hauptspeicher bedient werden müssen. Die Hit-Rate des L1-Cache sei 80%. Berechnen Sie die Miss-Rate des L2-Caches (r_{M2}) und die mittlere Zugriffszeit der Speicherhierarchie (t_a). 2P

- i) Der L1-Cache eines Systems hat eine Größe von 512 Byte, ist 2-fach assoziativ und hat eine Cache-Zeilengröße von 128 Byte. Bei Verdrängung wird die LRU-Strategie verwendet. Der Zugriff vom Programm auf einzelne Cache-Blöcke sei wie folgt (alle Adressen in hexadezimaler Schreibweise): 2P

4415C01, 001D3C0, 24AD411, 009F950,
24AD47F, 4415C19, 3D972C0, 001D36E,

Bestimmen Sie für diese Cache-Organisation, bei welchen Zugriffen es sich um Cache-Treffer handelt. Protokollieren Sie die Belegung der einzelnen Cache-Blöcke und ermitteln Sie die Trefferrate für dieses Beispiel.

- j) Erklären Sie die Bedeutung der vier Zustände des MESI-Protokolls. Nennen Sie die zum Zustandswechsel führenden Ereignisse und die am jeweiligen Zustandsübergang beteiligten Steuersignale. 4P

Aufgabe 5: Fehlertoleranz

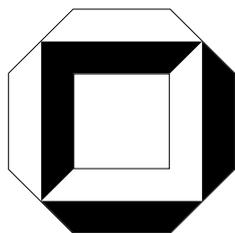
8P

Die Steuereinheit einer Raumsonde bestehe aus 3 Mikrocontrollern M_1 bis M_3 und sei als 2-aus-3-System (TMR-System) mit Entscheider V angelegt. Gespeist werde das System aus 2 Sonnensegeln SP_1 und SP_2 , wovon beide zum Betrieb des Systems notwendig sind. Die Kommunikation mit der Sonde werde über zwei Sendeempfangseinheiten TRX_1 und TRX_2 abgewickelt, wovon nur eine der Einheiten zum Betrieb benötigt wird.

- a) Zeichnen Sie das Zuverlässigkeitsblockdiagramm der Raumsonde. 1P
- b) Ermitteln Sie die Systemfunktion S der Raumsonde. 1,5P
- c) Wie lautet die Formel zur Berechnung eines allgemeinen n-aus-m-Systems incl. Entscheider, wenn die Funktionswahrscheinlichkeit der einzelnen Komponente $\Phi(K)$ und die des Entscheiders $\Phi(V)$ betrage? 1P
- d) Welches Problem ergibt sich in einem n-aus-m-System mit Entscheider bezüglich des Entscheiders? 0,5P
- e) Erstellen Sie die Formel zur Berechnung der Funktionswahrscheinlichkeit für die Sonde basierend auf den Funktionswahrscheinlichkeiten $\Phi(SP)$ für ein einzelnes Solarpaneel, $\Phi(TMR)$ für das Mikrocontrollersystem sowie $\Phi(TRX)$ für eine einzelne Sendeempfangseinheit. 1P

Die sogenannte Badewannenkurve illustriert den Verlauf der drei typischen Produktausfallphasen in Relation zum Produktalter.

- f) Zeichnen Sie diese Kurve, benennen Sie die einzelnen Phasen und geben Sie eine kurze Erläuterung zu diesen. 2P
- g) Warum ist es – gemessen an dieser Kurve – für den Hersteller typischerweise ohne finanzielle Einbußen möglich, den Garantieanspruch von 30 Tagen auf 2 Jahre auszuweiten? 1P



Universität Karlsruhe
Institut für Technische Informatik
Prof. Dr. Wolfgang Karl

Klausur Rechnerstrukturen

Sommersemester 2006

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
Punkte	/15	/10	/12	/15	/8
Summe:					/60

Lösung 1: Quantifizierung*15P*

a) Formel:

1P

Antwort:

b) Antwort:

1P

c) Formel für Die-Kosten:

1P

Antwort mit Begründung:

d) Berechnung und Resultat:

1P

e) Formel:

1P

Antwort:

f) Anzahl Instruktionen:

5P

Anzahl Taktzyklen:

Zykluszeit:

Taktfrequenz:

MIPS:

g) Antwort:

1P

h) Formel:

1P

Berechnung:

i) Formel:

1P

Berechnung:

j) Antwort:

1P

k) Antwort:

1P

Lösung 2: Hardwareentwurf

10P

a) Fall 1:

1P

Fall 2:

b) Variante 1:

2P

Variante 2:

c) Antwort:

1P

d) Antwort:

1P

e) Antwort:

1P

f)

1,5P

Typ	UND- Matrix	ODER-
PLA		
PAL		
PROM		

g) Antwort:

1P

h) Antwort:

1,5P

Lösung 3: Prozessorarchitektur*12P*a) Formel t_{NP} :*2P*

Berechnung:

Formel s :

Berechnung:

b) Antwort:

1P

c) Antwort:

1P

d) Antwort:

1P

e) Antwort:

1P

Name:

Matrikelnummer:

7/12

f) gselect3/3:

1P

gshare6/6:

g)

4P

Letzter Sprung	Sprung 1				Sprung 2			
	P. alt	Vorhersage	Sprung	P. neu	Prädiktor	Vorhersage	Sprung	P. neu
NT	(NT,NT)	___	T	(___,___)	(NT, T)	___	NT	(___,___)
-	(___,___)	___	NT	(___,___)	(___,___)	___	T	(___,___)
-	(___,___)	___	T	(___,___)	(___,___)	___	NT	(___,___)
-	(___,___)	___	NT	(___,___)	(___,___)	___	T	(___,___)

h) Antwort:

1P

Lösung 4: Speicherhierarchie und Parallelrechner*15P*

a) Antwort:

0,5P

b) Berechnung Speedup:

1P

Berechnung Effizienz:

c) Antwort:

1P

d) Berechnung Speedup:

1P

e) Dimension:

0,5P

f) Wegberechnung:

1,5P

g) Erste Berechnungsphase:

1,5P

Zeitschritte:

Zweite Berechnungsphase:

Zeitschritte:

h) Antwort:

2P

i) Antwort:

2P

Adresse	Treffer
4415C01	
001D3C0	
24AD411	
009F950	
24AD47F	
4415C19	
3D972C0	
001D36E	

Satz	Block	Tags

Anzahl Treffer:

Anzahl Zugriffe:

Berechnung Trefferrate:

j) Erklärung der MESI-Zustände:

4P

I _____

E _____

S_____

M_____

Zustand	Zustandswechsel		
	nach	Ereignis	Steuersignal
Invalid	E		
	S		
	M		
Exclusive	I		
	S		
	M		
Shared	I		
	M		
Modified	I		
	S		

Lösung 5: Fehlertoleranz*8P*

a) Zuverlässigkeitsblockdiagramm:

1P

b) Strukturformel:

1,5P

c) Formel:

1P

d) Antwort:

0,5P

e) Berechnung

1P

f) Diagramm:

2P

Name:

Matrikelnummer:

12/12

Phasen:

g) Antwort:

1P