

Universität Karlsruhe (TH)
Institut für Technische Informatik
Prof. Dr. Wolfgang Karl

Klausur Rechnerstrukturen
Wintersemester 2006/07

19. März 2007

Aufgabenteil

Aufgabe 1: Fertigung und Sprungvorhersage

12P

Fertigung

5P

Eine Fabrikationsanlage wird mit einem neuen Fertigungsprozess ausgestattet; hierdurch ist es möglich, die Kantenlänge k der quadratischen Dies um jeweils 50% von 2cm auf 1cm zu verkleinern. Die Größe der Wafer sei unverändert bei 20cm Durchmesser.

- a) Berechnen Sie für beide Die-Größen die erzielbare Anzahl von Dies pro Wafer. **1,5P**
(Die jeweils vollständige Berechnung der beiden Teilterme ist ausreichend.)
- b) Obwohl die Fläche des Dies lediglich um den Faktor 4 schrumpft, ist das tatsächliche Dies-pro-Wafer-Verhältnis um einen Faktor von ca. 4,8 angestiegen. Erklären Sie diesen Umstand allgemein und begründen Sie ihn mit Hinblick auf die Berechnung. **1P**
- c) Durch die Verkleinerung der Strukturen werden höhere Anforderungen an die Wafer-Qualität gestellt. Der Wafer-Yield verkleinere sich somit von 1 für $k = 2cm$ auf 0,75 für $k = 1cm$. Die Anzahl der Defekte (defects per unit area) erhöhe sich entsprechend von $0.5/cm^2$ auf $0,75/cm^2$. Der Technologiefaktor α sei gleichbleibend 1. Berechnen Sie den Die-Yield für beide Die-Größen. **1,5P**
- d) Durch die Verkleinerung seien die Anzahl erzielbarer Dies pro Wafer um einen Faktor 5 und der Die-Yield um einen Faktor 2,5 angestiegen, die Wafer-Fertigungskosten seien unverändert. Unter Angabe der Formel für die Die-Kosten: Welche Auswirkungen hat dies auf die Fertigungskosten pro Die? **1P**

Sprungvorhersage

7P

Schleifen werden auf Assemblerebene typischerweise auf folgende zwei Arten realisiert:

- Am Schleifenanfang Test auf Abbruchbedingung: Falls diese erfüllt ist, wird "hinter" die Schleife gesprungen (Ausprung). Am Schleifenende erfolgt ein unbedingter Rücksprung an den Schleifenanfang.
 - Am Schleifenende Test auf Abbruchbedingung: Falls diese nicht erfüllt ist, wird zurück an den Schleifenanfang gesprungen.
- e) Welcher rein statische Prädiktor erreicht für derartige Schleifenkonstrukte eine dem n-Bit-Prädiktor vergleichbare Vorhersagequalität und warum ist dieser dem 1-Bit-Prädiktor sogar überlegen? **1,5P**
 - f) Bei einem Profiling-Lauf wird für zwei bedingte Sprünge $S1$ und $S2$ das auf dem Lösungsblatt angegebene Sprungmuster protokolliert. Vervollständigen Sie das Verhalten eines (1,1)-Korrelationsprädiktors unter Verwendung von gegebenem Sprungmuster und Initialisierung. Der letzte aufgetretene bedingte Sprung sei nicht genommen worden. Welches wäre die aufgrund des Sprungmusters von $S1$ und $S2$ sinnvollste Initialisierung für Sprung $S1$? **4,5P**
 - g) Woraus setzen sich Hybridprädiktoren zusammen und wozu dienen die einzelnen Teile? **1P**

Aufgabe 2: Hardwareentwurf

14 P

Zu betrachten ist folgender Prozess:

```
process (clk, rst)
begin
  if clk'event and clk='1' then
    count<=count-1;
  elsif rst='0' then
    count<=(others>='1');
  end if;
end process;
```

- Unter der Annahme, `count` sei vom Typ `unsigned(3 downto 0)`: Welche Funktion erfüllt dieser Prozess? **1,5P**
- In der vorliegenden Formulierung weist der Zähler einen vom Programmierer nicht gewünschten Nebeneffekt auf. Welcher ist dies, warum tritt dieser Effekt auf und wie müsste eine korrekte Formulierung lauten? **2P**
- Formulieren Sie eine Entity, welche alle für diesen Prozess benötigten Signale beinhaltet und den Inhalt von `count` unter Beibehaltung des Datentyps als reines Ausgangssignal namens `output` zur Verfügung stellt. Für die Eingangssignale ist der *minimal erforderliche* Datentyp zu verwenden. **2P**

In einer VHDL-Beschreibung finden Sie die Codezeile

```
a<="0010" after 5 ns
```

- Was bewirkt diese Codezeile und welchem Entwurfsschritt entstammt sie mit hoher Wahrscheinlichkeit? Kann diese vollständig synthetisiert werden, falls nein, welcher Teil der Zuweisung ist davon betroffen? **2P**

Eine Schaltungsbeschreibung modelliere einen asynchronen Zustandsautomaten. Durch die Schaltungssynthese entstehe ein Gleichungssystem mit 9 Produkttermen basierend auf 7 extern zugeführten Signalen.

- Zur Umsetzung einer Schaltung stehen PLDs vom Typ 16V8, 22L10 und 22V10 zur Verfügung. Begründen Sie unter Angabe der Anforderung durch die o.a. Schaltung, welchen Baustein Sie wählen. Sollte eine Mehrfachnennung möglich sein, geben Sie zudem an, welcher Baustein (und warum) hinsichtlich der Anforderungen ausreichend ist. **2P**

- f) Es ist grundsätzlich möglich, logische Funktionen mithilfe von Speicher (RAM, ROM) in Form einer Logiktafel nachzubilden. **2P**
- Wieviele Ein- und Ausgänge (mit Begründung) werden für die Abbildung beliebiger zweiwertiger Funktionen benötigt? *1P*
 - Welche zwei grundsätzlichen technologischen Vorteile hat die Abbildung in Form einer Logiktafel gegenüber der diskreten Modellierung mittels Logikgattern? *1P*
- g) In der Vorlesung wurden die vier grundlegenden Abstraktionsebenen des Schaltungsentwurfes vorgestellt. Nennen Sie diese und geben Sie zu jeder Ebene je ein Einsatzbeispiel an. Welche dieser Ebenen (und warum) spielt beim Schaltungsentwurf mit programmierbaren Logikbausteinen für den Entwickler keine Rolle? **2,5P**

Aufgabe 3: Leistungsbewertung

11P

Für eine Rechenanlage soll eine Plattenanlage angeschafft werden. Das System habe eine durchschnittliche Ankunftsrate von Schreib-/Leseaufträgen von $A=40/s$.

- a) Aus welchen zwei Parametern setzt sich die resultierende Bedienzeit eines Festplattenzugriffs zusammen? **1P**
- b) Zwecks Anschaffungssicherheit über die Lebensdauer der Plattenspeicher soll die Auslastung der Platten nicht über 80% liegen. Berechnen Sie unter Angabe der formeltechnischen Herleitung die erforderliche Mindestzugriffszeit. **2P**
- c) Systemseitig sei eine vierstufige Warteschlange zur Behandlung von Schreib-/Leseaufträgen vorgegeben. Unter Angabe der formeltechnischen Herleitung und Angabe des zugrundeliegenden Gesetzes: Bei welcher durchschnittlichen Ankunftsrate ergibt sich eine Verweildauer in der Warteschlange von 100ms? **2P**

Die Berechnung über ein zweidimensionales Gitterfeld bestehend aus $n * n$ Elementen sei in zwei Phasen geteilt: In der ersten Phase werden jedem Prozessor P genau $\frac{n^2}{P}$ Punkte zugeteilt; die dazugehörige Berechnung benötige $\frac{n^2}{P}$ Zeitschritte. In der anschließenden zweiten Phase werden die lokal berechneten Werte in eine globale Variable aufsummiert.

- d) Berechnen Sie unter Angabe des vollständigen Rechenwegs die Beschleunigung (Speedup). **2P**
- e) Berechnen Sie die für diesen Parallelisierungsansatz maximal erzielbare Beschleunigung. Begründen Sie das Ergebnis. **1,5P**
- f) Ein anderer Parallelisierungsansatz erziele eine maximale Beschleunigung von $\lim_{n \rightarrow \infty} s = 4$. Was ergibt sich basierend auf dem Gesetz von Amdahl hieraus für den sequentiellen Codeanteil? **1,5P**
- g) Welche Effizienz ergibt sich für den Fall $S(128)=4$? Was gilt im Allgemeinen bezüglich der Beschleunigung (Speedup) $S(n)$? **1P**

Aufgabe 4: Kommunikation und Kohärenz

14P

Caches und Cache-Kohärenz

7P

- a) In nachrichtengekoppelten Multiprozessorsystemen werden Cache-Kohärenzverfahren nicht über Knotengrenzen hinweg eingesetzt. Begründen Sie dies. **1P**
- b) Welche aus der Vorlesung bekannte Klasse von Protokollen kann in DSM-Multiprozessorsystemen zur Wahrung von Cachekohärenz eingesetzt werden? Geben Sie eine kurze Beschreibung des Verfahrens. **2P**
- c) Gegeben sei ein speichergekoppeltes Multiprozessorsystem mit 2 Prozessoren. Diese sind über einen Bus mit gemeinsamem Speicher verbunden. Zur Wahrung der Cache-Konsistenz wird das MESI-Protokoll verwendet. Die Caches der beiden Prozessoren haben je eine Größe von zwei Cache-Zeilen, die genau ein Speicherwort aufnehmen können. Die Cache-Zeilen werden von der niedrigsten zur höchsten Cache-Zeile aufwärts gefüllt, sofern freie Zeilen zur Verfügung stehen. Andernfalls wird gemäß LRU-Strategie verdrängt und überschrieben. Ergänzen Sie die im Lösungsblatt abgedruckte Tabelle unter Verwendung der Abkürzungen M, E, S, und I für die 4 Zustände des MESI-Protokolls und geben Sie die jeweils betroffene Adresse an. **4P**

Verbindungsstrukturen

- d) Welches Problem ergibt sich bei einem einfachen binären Baum hinsichtlich der Kommunikation? Welche diesbezüglich verbesserte Baumstruktur kennen Sie und wie wird das Problem hier adressiert? In welche Klasse von Verbindungsnetzen fallen beide Baumstrukturen? **2P**
- e) Beschreiben Sie den Aufbau eines Omega-Netzwerks. **2P**
- Über welche Anzahl von Ein-/Ausgängen verfügt es? **0,5P**
 - Wieviele Stufen umfasst es und wie sind diese verknüpft? **1P**
 - Was ergibt sich bezüglich der Gesamtzahl benötigter Schaltelemente? **0,5P**
- f) Geben Sie für einen k -ären n -Kubus die Anzahl N von Knoten, den Knotengrad und den Diameter an. **1,5P**
- g) In einem Hyperkubus werde e-Cube-Routing verwendet. Zu Verbinden seien die Knoten 1 und 7. **1,5P**
- Unter Angabe der zugrundeliegenden Formel: Wieviele Dimensionen müssen für diesen Kommunikationskanal traversiert werden? **0,5P**
 - Geben Sie die möglichen Kommunikationspfade für die Verbindung der beiden Knoten an. **1P**

Aufgabe 5: Fehlertoleranz

9P

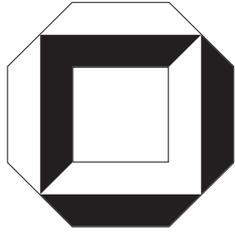
Hersteller geben für technische Produkte üblicherweise die Kennzahlen MTTF, MTTR und MTBF an.

- a) Wofür stehen die Abkürzungen MTTF und MTTR und was bedeuten sie? **1P**
- b) Wie korreliert MTBF mit den anderen beiden Kenngrößen und wie lässt sich aus diesen die Punktverfügbarkeit V ableiten? Warum ist die MTTR in Realsystemen typischerweise von untergeordneter Bedeutung? **1,5P**
- c) Welcher Zusammenhang besteht zwischen MTTF und der Ausfallrate λ ? Von welcher Annahme bezüglich λ wird hierbei ausgegangen? Für welche Produktausfallphase ist diese Betrachtungsweise daher nur zulässig? **1,5P**

Eine Raumsonde bestehe aus einer Mikrocontrollereinheit M , drei Sonnensegeln S_1 bis S_3 sowie einer Kommunikationsanlage K . Die Mikrocontrollereinheit ist funktionsfähig, solange mindestens ein Sonnensegel betriebsbereit ist; aufgrund der geforderten Sendeleistung benötigt die Kommunikationseinheit jedoch mindestens zwei intakte Sonnensegel zur Speisung. Weiterhin benötigt sie die Mikrocontrollereinheit zur Steuerung.

- d) Zeichnen Sie das Zuverlässigkeitsblockdiagramm der Raumsonde. **1P**
- e) Ermitteln Sie die Systemfunktion S der Raumsonde. **1P**
- f) Wie lautet die Funktionswahrscheinlichkeit $\Phi(E)$ der Energieversorgung in Abhängigkeit der Funktionswahrscheinlichkeit der einzelnen Sonnensegel $\Phi(S)$? Wie wird ein solches System typischerweise bezeichnet? **1P**
- g) Leiten Sie die Formel für die Ausfallwahrscheinlichkeit der Raumsonde $\Psi(R)$ basierend auf den Funktionswahrscheinlichkeiten der Energieversorgung $\Phi(E)$, der Mikrocontrollereinheit $\Phi(M)$ und der Kommunikationseinheit $\Phi(K)$ her. **1P**
- h) Aufgrund einer Fehllieferung wird eine energiehungrigere Controllereinheit \bar{M} geliefert, welche wie die Kommunikationseinheit mindestens zwei intakte Sonnensegel zum Betrieb benötigt. Ein Parallelbetrieb beider Einheiten sei mit nur zwei Sonnensegeln gewährleistet. **1P**

Mit Begründung: Ergibt sich aus der Fehllieferung eine Veränderung der Funktionswahrscheinlichkeit?



Universität Karlsruhe (TH)
Institut für Technische Informatik
Prof. Dr. Wolfgang Karl

Klausur Rechnerstrukturen

Wintersemester 2006/07

19. März 2007

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	/12	/14	/11	/14	/9
Summe:					/60

Lösung 1: Fertigung und Sprungvorhersage

12P

a) Formel für Dies per Wafer (dpw):

1,5P

Berechnung $dpw_{k=2cm}$:Berechnung $dpw_{k=1cm}$:

b) Antwort:

1P

c) Formel für Die-Yield ($yield_{die}$):

1,5P

Berechnung $yield_{k=2cm}$:Berechnung $yield_{k=1cm}$:

d) Formel für Die-Kosten ($cost_{die}$):

1P

Berechnung/Antwort:

e) Antwort:

1,5P

f)

4,5P

	S1				S2			
	Init	Vhs.	Sprung	Präd. neu	Init	Vhs.	Sprung	Präd. neu
1	(NT, T)		T		(NT, NT)		T	
2			NT				T	
3			T				NT	
4			NT				NT	

Bessere Initialisierung:

g) Antwort:

1P

Lösung 2: Hardwareentwurf

14 P

a) Antwort:

1,5P

b) Antwort:

2P

c) Antwort:

2P

d) Antwort:

2P

e) Antwort:

2P

Name:

Matrikelnummer:

5/11

f) Antwort:

2P

g) 1:

2,5P

2:

3:

4:

Antwort:

Lösung 3: Leistungsbewertung*11P*

a) Antwort:

1P

b) Herleitung:

2P

Berechnung/Antwort:

c) Gesetz:

2P

Herleitung:

Berechnung/Antwort:

d) Berechnung:

2P

Name:

Matrikelnummer:

7/11

e) Antwort:

1,5P

f) Gesetz von Amdahl:

1,5P

Berechnung/Antwort:

g) Berechnung und Antwort

1P

Lösung 4: Kommunikation und Kohärenz

14P

a) Antwort:

1P

b) Antwort:

2P

c)

Prozessor	Aktion	Proz./Cache 1		Proz./Cache 2	
		Line 1	Line 2	Line 1	Line 2
-	(init)	I/-	S/2	S/2	E/4
1	wr 2				
1	rd 4				
2	rd 8				
2	rd 10				
2	rd 2				
1	wr 6				
2	wr 2				
1	rd 6				

4P

Name:

Matrikelnummer:

9/11

d) Antwort:

2P

e) Antwort:

2P

f) Anzahl Knoten:

1,5P

Knotengrad:

Diameter:

g) Berechnung:

1,5P

Pfad 1:

Pfad 2:

Lösung 5: Fehlertoleranz

9P

a) MTTF:

1P

MTTR:

b) MTBF:

1,5P

V:

Antwort:

c) MTTF:

1,5P

Antwort:

d) Antwort:

1P

e) Strukturformel:

1P

f) Bezeichnung:

1P $\Phi(E) :$ g) $\Psi(R) :$ *1P* $\Phi(R) :$

h) Antwort:

1P