

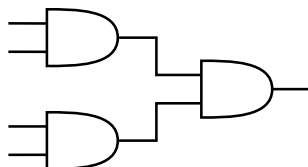
## Zentralübung Rechnerstrukturen: Low-Power-Entwurf und Leistungsbewertung

### 2. Aufgabenblatt

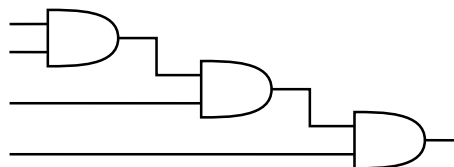
**Besprechung:** 04. Mai 2017

### Low-Power-Entwurf

1. Die Kernspannung von Prozessoren ist seit den 80er Jahren von 5 V auf 0,8 V gesenkt worden. Im gleichen Zeitraum stieg die Frequenz von 1 MHz auf 3 GHz. Was bedeutet dies für die aufgenommene elektrische Leistung? Ein neuerer Prozessor hat bei einer Frequenz von 3,5 GHz noch 0,6 V Kernspannung. Wie ändert sich dadurch die aufgenommene elektrische Leistung?
2. Zum Übertakten von Prozessoren wird die Kernspannung erhöht. Warum ist dies so? Wie fließt die Erhöhung der Kernspannung in die Leistungsaufnahme ein und was bedeutet dies?
3. Welcher Bestandteil der Leistungsaufnahme war früher vernachlässigbar, spielt heute jedoch eine überaus zentrale Rolle?
4. Zur Ermittlung der Schaltwahrscheinlichkeit einer Schaltung wird häufig ein statistisches Modell herangezogen. Geben Sie eine allgemeine Formel zur Berechnung der Schaltwahrscheinlichkeit  $\mathbb{P}_{Schalt}$  an und berechnen Sie diese für ein Oder-Gatter mit  $\mathbb{P}_{Eingang\ 1=1} = \frac{1}{4}$  und  $\mathbb{P}_{Eingang\ 2=1} = \frac{3}{4}$ .
5. Gegeben seien folgende zwei Implementierungen derselben, auf 3 Und-Gattern basierenden Schaltfunktion. Inwiefern unterscheiden sich die zwei Implementierungen hinsichtlich ihres Schaltverhaltens und dem damit verbundenen Leistungsverbrauch?



Variante 1



Variante 2

Nehmen Sie in Ihren Überlegungen an, dass die Wahrscheinlichkeiten für die Belegung der Eingangssignale gleichverteilt seien mit jeweils 0,5:

$$\mathbb{P}(\text{Eingangssignal} = 1) = \mathbb{P}(\text{Eingangssignal} = 0) = 0.5 \text{ für alle Eingänge.}$$

Die Schaltwahrscheinlichkeit eines Gatters wird mittels

$$\mathbb{P}_{\text{schalt}} = 2 * \mathbb{P}(\text{Ausgang} = 1) * (1 - \mathbb{P}(\text{Ausgang} = 1)) \text{ berechnet.}$$

## Leistungsbewertung

1. Welche wichtigen Architekturparameter beeinflussen jeweils die Zykluszeit, die Anzahl der Instruktionen und den CPI-Wert?
2. Prozessor A arbeitet ein Problem in 2 ms ab. Er hat ein CPI von 7/5 und benötigt 3.500.000 Instruktionen für die Abarbeitung der Problemstellung.  
Prozessor B arbeitet dieses Problem ebenfalls in 2 ms ab. Er hat ein CPI von 3/2 und benötigt 1.500.000 Instruktionen für die Abarbeitung der Problemstellung.  
Welcher Prozessor ist für dieses Problem zu wählen und warum?
3. Benchmarks sind eine verlässliche Methode zur Leistungsbewertung. Auf einem 4 GHz-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 die Werte für Ausführungszeit, CPI, MIPS und MFLOPS.

4. Sie haben für Ihre neue Rechnerarchitektur die folgenden Werte experimentell bestimmt: Anteil der Gleitkommaoperationen ist 25%. Der durchschnittliche CPI-Wert der Gleitkommaoperationen beträgt  $CPI_{FP} = 4,0$ . Der durchschnittliche CPI-Wert anderer Instruktionen ist  $CPI_{Rest} = 1,33$ . Die Häufigkeit der Instruktion FPSQR (Gleitkomma-Wurzeloperation) beträgt 2% der Gesamtzahl an Instruktionen. Der CPI der FPSQR ist gleich 20, da es sich um eine sehr komplexe Operation handelt. Sie haben nun zwei Entwurfsmöglichkeiten zur Verbesserung: entweder kann der  $CPI_{FPSQR}$  auf 2 gesenkt werden, oder der durchschnittliche CPI-Wert der Gleitkommaoperationen kann auf 2,5 gesenkt werden. Berechnen Sie den jeweiligen Gesamtgewinn der Alternativen im Vergleich zum vorherigen System und begründen Sie die Entscheidung für eine der beiden Alternativen.
5. Auf der nachfolgend angegebenen Webseite finden Sie die Ergebnisse der Ausführung der SPEC CINT2006 Benchmarks auf einer Intel Xeon X5677 Architektur mit SUSE Linux Enterprise Server 11 Betriebssystem: <http://www.spec.org/cpu2006/results/res2010q2/cpu2006-20100329-10254.html>.

- a) Die Ergebnistabelle auf obengenannter Seite gliedert sich in die Spalten **Base** und **Peak**. Für 400.perlbench beträgt der Unterschied durchschnittlich 53 Sekunden. Erklären Sie diesen Laufzeitunterschied. Vergleichen Sie dies mit den Ergebnissen für 483.xalancbmk. Was fällt Ihnen auf und wie erklären Sie dies?
- b) Berechnen Sie unter Zuhilfenahme des Formelwerks aus der Vorlesung die **Referenzzeit** für den 462.libquantum Benchmark.
- c) Welches der unter <http://www.spec.org/cpu2006/results/cpu2006.html> aufgeführten Systeme entspricht am ehesten dem Referenzsystem?
6. Für eine Rechenanlage soll ein geeigneter Plattenspeicher angeschafft werden. Mithilfe eines Warteschlangenmodells sollen hierzu der Durchsatz  $D$  und die Auslastung  $U$  der Plattensysteme berechnet werden unter der Annahme, die durchschnittliche Ankunftsrate  $A$  von Schreib-/Leseaufträgen im System liegt bei 40 pro Sekunde. Zur Auswahl stehen Festplatten mit folgenden Daten:
- Platte 1: Zugriffszeit 12 ms, Datenrate 6 MByte/s
  - Platte 2: Zugriffszeit 10 ms, Datenrate 7,5 MByte/s
  - Platte 3: Zugriffszeit 8 ms, Datenrate 8 MByte/s
- a) Berechnen Sie für die drei Festplatten die Bedienzeit  $X_i$ , wenn der Schreib-/Leseauftrag im Schnitt 100 kB groß ist.
- b) Wie groß sind die Durchsätze  $D_i$  der einzelnen Festplatten? Welche Festplatten wären aufgrund der Berechnung im System einsetzbar?
- c) Wie groß ist die Auslastung der einsetzbaren Festplatten?
- d) Das Betriebssystem stelle eine FIFO-basierte Warteschlange zur Verfügung. Mit einem Monitor wurden im Betrieb hierzu ermittelt, dass die Warteschlange von Festplatte 2  $Q_2$  3 Aufträge umfasst,  $Q_3$  von Festplatte 3 fasse 2 Aufträge. Berechnen Sie die Zeit der Aufträge in der Warteschlange und die Reaktionszeit des Gesamtsystems aus Warteschlange und Festplatte.