



Übungen zu Rechnerstrukturen: Quantifizierung und Leistungsmessung

2. Übungsblatt

1 Fertigungskosten:

$$1. dpw = \frac{\pi * (d_{wafer} * \frac{1}{2})^2}{a_{die}} - \frac{\pi * d_{wafer}}{\sqrt{2} * a_{die}}$$

$$dpw_{200} = \frac{\pi * (20cm * \frac{1}{2})^2}{2cm^2} - \frac{\pi * 20cm}{\sqrt{2} * 2cm^2}$$
$$= \pi * \left(\frac{10^2}{2} - \frac{20}{\sqrt{4}} \right) = \pi * \frac{100 - 20}{2} = 40\pi (\approx 125.66)$$

$$dpw_{300} = \frac{\pi * (30cm * \frac{1}{2})^2}{2cm^2} - \frac{\pi * 30cm}{\sqrt{2} * 2cm^2}$$
$$= \pi * \left(\frac{15^2}{2} - \frac{30}{\sqrt{4}} \right) = \pi * \frac{225 - 30}{2} = \frac{195}{2} \pi = 97.5\pi (\approx 306.31)$$

→ Steigerung der (theoretischen) Ausbeute um einen Faktor von fast 2.5 bei annähernd gleichen Fertigungskosten (vgl. spätere Aufgabenteile)

$$2. yield_{die} = yield_{wafer} * \left(1 + \frac{dpw * a_{die}}{\alpha} \right)^{-\alpha}$$
$$yield_{die} = 0.75 * \left(1 + \frac{0.5 * 2}{1} \right)^{-1} = \frac{3}{4} * \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$$

$$3. cost_{die} = \frac{cost_{wafer}}{dpw * yield_{die}}, \text{ berechnet: } dpw_{200} = 40\pi, dpw_{300} = \frac{195}{2}\pi, yield_{die} = \frac{3}{8}$$

$$cost_{200} = 1 * \frac{200}{40\pi * \frac{3}{8}} = \frac{200}{15\pi} = 4,24$$

$$cost_{300} = 1 * \frac{300}{\frac{195}{2}\pi * \frac{3}{8}} \approx 2,61$$

Dies per Wafer: Faktor 2.43 ↔ Kosten pro Die: Faktor 1.63

$$4. \text{cost}_{ic} = \frac{\text{cost}_{die} + \text{cost}_{test} + \text{cost}_{pkg}}{\text{yield}_{final}}$$

$$\text{cost}_{ic200} = \frac{4.24 + 1 + 0.75}{\frac{3}{4}} = \frac{5.99 * 4}{3} = 7.99$$

$$\text{cost}_{ic300} = \frac{2.61 + 1 + 0.75}{\frac{3}{4}} = \frac{4.36 * 4}{3} = 5.81$$

$$\text{Einsparung: } 7.99 - 5.81 = 2.18$$

$$\text{Kostensenkung um } (1 - \frac{5.81}{7.99}) * 100\% = 100 - 72.7 = 27.3\%$$

2 Leistungsmessung I:

$$5. f = \frac{i * CPI}{t}, MIPS = \frac{f}{CPI * 10^6}$$

$$f_A = \frac{3.5 * 10^6 * \frac{7}{5}}{2 * 10^{-3}} = 2450 MHz$$

$$MIPS_A = \frac{f_A}{CPI_A * 10^6} = \frac{2.45 * 10^9}{7 * 10^6} = 1750 MIPS$$

$$f_B = \frac{1.5 * 10^6 * \frac{3}{2}}{2 * 10^{-3}} = 1125 MHz$$

$$MIPS_B = \frac{f_B}{CPI_B * 10^6} = \frac{1.125 * 10^9}{\frac{3}{2} * 10^6} = 750 MIPS$$

Es ist Prozessor B zu wählen, weil

- ohne Berechnung: Gleich schnell in der Abarbeitung (2ms) bei wesentlich kompakterem Code (1.5 vs. 3.5 Mio Instruktionen)
- Weniger als halbe Taktfrequenz ($P \sim U^2 * f$, Fertigung)

3 Leistungsmessung II:

6. Benchmark-Berechnung

- Anzahl Instruktionen

$$i = \sum i_{typ} \\ = (300 + 75 + 150 + 25) * 10^3 = 550.000$$

- Taktzyklen

$$c = \sum i_{typ} * c_{typ} \\ = (300 * 1 + 75 * 2 + 150 * 3 + 25 * 4) * 10^3 = 1.000.000$$

- Zykluszeit bei 4GHz Taktfrequenz

$$t = \frac{1}{f} = \frac{1}{4GHz} = 0.25 * 10^{-9} s = 0.25 ns$$

- Ausführungszeit

$$t_{exec} = c * t_{cyc} \\ = 1000 * 10^3 * 0.25 * 10^{-9} = 250 * 10^{-6} s = 250 \mu s$$

- CPI

$$CPI = \frac{c}{i} = \frac{1000 * 10^3}{550 * 10^3} = \frac{100}{55} = \frac{20}{11} \approx 1.82$$

- MIPS

$$MIPS = \frac{i}{t * 10^6} = \frac{550.000}{250} = 2200$$

- MFLOPS: wie MIPS, wobei Anzahl der Befehle und Ausführungszeit nur für Fließkommaberechnung

$$MFLOPS = \frac{75.000}{(75.000 * 2) * (0.25 * 10^{-9}) * 10^6} = \frac{1}{0.5 * 10^{-3}} = 2000$$

4 Leistungsbewertung III:

7. **Bedienzeiten:** $X_i = t_{Zugriff} + t_{Übertragung}$

$$X_1 = 12ms + \frac{100kB}{6000kB/s} = 28,67ms$$

$$X_2 = 10ms + \frac{100kB}{7500kB/s} = 23,33ms$$

$$X_3 = 8ms + \frac{100kB}{8000kB/s} = 20,5ms$$

8. **Maximaler Durchsatz:** $D_{imax} = \frac{1}{X_i}$

$$D_{1max} = \frac{1}{28,67ms} = 34,88/s$$

$$D_{2max} = \frac{1}{23,33ms} = 42,86/s$$

$$D_{3max} = \frac{1}{20,5ms} = 48,78/s$$

Nur Platten mit $D_{max} > A$ können eingesetzt werden, da sonst die Festplatte nicht genügend Zeit hat, um alle Aufträge rechtzeitig zu bedienen. Aufgrund von $A = 40/s$ sind somit nur die Platten 2 und 3 einsetzbar.

9. **Auslastung:** $U_i = D/D_{imax} = D * X_i$, wegen Systemsicht gilt hier $D = A$

$$U_2 = D * X_2 = 40/s * 23,33ms = 0,93, \text{ d.h. } 93\% \text{ Auslastung}$$

$$U_3 = D * X_3 = 40/s * 20,5ms = 0,85, \text{ d.h. } 85\% \text{ Auslastung}$$

10. Gesetz von Little: $Q = W * D$

Q: Anzahl von Aufträgen in der Warteschlange

W: Wartezeit

D: Durchsatz

d.h. $W_i = \frac{Q_i}{D}$, wobei abermals gilt $D = A$ (Systemsicht)

$$W_2 = \frac{Q_2}{D} = \frac{3}{40/s} = 75ms$$

$$W_3 = \frac{Q_3}{D} = \frac{2}{40/s} = 50ms$$