

**PROBLEM 1:****a)**

Die Latenz ist die Zeit, die ein Befehl in der Pipeline braucht um alle Stufen zu durchlaufen.

**b)**

Der Durchsatz einer Pipeline ist die Anzahl der Befehle, die eine Pipeline pro Takt ausgibt.

**c)**

Bei 2-Bit Sättigung Sprungvorhersage-Automaten geht man aus dem PT Zustand bei 'not taken' in den PN Zustand und umgekehrt aus PN bei 'taken' zu PT. Bei 2-Bit Hysterese Sprungvorhersage-Automaten geht man aus PT bei 'not taken' zu PSN und aus PN bei 'taken' zu PST.

**d)**

Strukturelle Hazards treten auf, wenn Befehle einander blockieren, weil sie dieselben Hardware zur Ausführung benötigen.

Daten Hazards treten auf, wenn in der Operand-Fetch-Phase ein Befehl auf Informationen zugreifen will, die von einem anderen Befehl bearbeitet werden, welcher noch nicht die Write-Back-Phase abgeschlossen hat.

Steuer Hazards treten auf, wenn bedingte Sprünge auftreten, da diese nicht ausgeführt werden können, bevor der Vergleichsbefehl beendet wurde.

**PROBLEM 2:****a)**

```
ADD R2,R3,R1    IF|ID|OF|EX|WB
ADD R1,R5,R4    |IF|ID|OF|EX|WB
```

Fehler: OF von R1, vor WB von R1

**b)**

```
ADD R2,R3,R1    IF|ID|OF|EX|WB
NOP              |IF|ID|OF|EX|WB
ADD R1,R5,R4    |IF|ID|OF|EX|WB
```

Fehler: OF von R1, immer noch vor WB von R1

**c)**

```
ADD X,Y,Z    IF|ID|OF|EX|WB
NOP          |IF|ID|OF|EX|WB
NOP          |IF|ID|OF|EX|WB
ADD Z,B,A    |IF|ID|OF|EX|WB
            | | | | | | | |
```

8 Takte

**d)**

```
MUL X,Y,Z    IF|ID|OF|EX|WB
NOP          |IF|ID|OF|EX|WB
NOP          |IF|ID|OF|EX|WB
MUL Z,B,A    |IF|ID|OF|EX|WB
NOP          |IF|ID|OF|EX|WB
NOP          |IF|ID|OF|EX|WB
ADD Z,B,D    |IF|ID|OF|EX|WB
            | | | | | | | |
```

11 Takte

**e)**

Programmbefehle i

Beschleunigung:  $i*5/(i+4)$  -lim\_i\_large-> 5

Man braucht also bei vielen Befehlen nur ca. ein fünftel der Zeit mit Pipelining.

**PROBLEM 3:**

Für 100 Sprünge ergeben sich:

**a)**

$p(\text{Sprung}) = 5\%$

**1: 5% daneben = 10 Fehlzyklen**

**2: 95% daneben = 190 Fehlzyklen**

**3: 10% daneben = 20 Fehlzyklen**

**b)**

$p(\text{Sprung}) = 95\%$

**1: 95% daneben = 190 Fehlzyklen**

**2: 5% daneben = 10 Fehlzyklen**

**3: 10% daneben = 20 Fehlzyklen**

**c)**

$p(\text{Sprung}) = 70\%$

**1: 70% daneben = 140 Fehlzyklen**

**2: 30% daneben = 60 Fehlzyklen**

**3: 10% daneben = 20 Fehlzyklen**

durchschnittlich ist also 3 am besten