

Seminar 0x04

Cristian Rusu

1 Scopul seminarului

În acest seminar vom rezolva niște probleme care implică:

- cod Assembly x86;
- seturi de instrucțiuni;
- pipelining, branch prediction, out of order execution.

2 Exerciții

1. Presupunem ca avem un sistem de calcul pe 32 de biți, răspundeți la următoarele întrebări scurte:

- care este adresa de memorie cea mai mare care poate fi accesată? (cu 8 biți / locație memorie) $2^{32}=4\text{GB}$
- avem instrucțiunea *jne etichetă*, unde *jne* are opcode-ul 0110. Care este saltul maxim care se poate realiza cu această instrucțiune? $2^{28}=0.25\text{GB}$
- avem o instrucțiune *add R1, R2*, unde *add* are opcode-ul 0011 iar *R1* și *R2* sunt regiștri iar calculul realizat este $R2 \leftarrow R1 + R2$. Câți regiștri diferiți putem avea? $2^{14}=16384$ regiștri diferiți
- similar cu instrucțiunea anterioară, dar acum avem *add R1, R2, R3*, unde *add* are opcode-ul 0100 iar calculul realizat este $R3 \leftarrow R1 + R2$. Câți regiștri diferiți putem avea? pt 2 pozitii avem $2^9=512$ pt o pozitie avem $2^{10}=1024$

2. Scrieți secvențe scurte de cod Assembly x86 (și verificați pe <https://godbolt.org/>) pentru a descrie următoarele secvențe de cod C (*x* este un array de 20 valori int iar celelalte variable sunt int):

- $a = 42$
- $b = 10 \times c + 13$
- $y = (a - 5) \times (y + 1337)$
- if ($a == 0$) $b = b + 1$ else $b = b - 1$
- if ($a == 3$) $b = b \times 2$ else $b = b/2$
- $x[i] = x[i - 1]$
- $z = x[5] + x[10]$
- if ($a == 0 \parallel a \leq 50$) $c = 0$ else $c = 1$
- while (1) { ... }
- sum = 0; $i = 0$; while($i < 10$) { sum = sum + i ; $i = i + 1$; }

3. Fie următoarea secvență de cod scrisă în C:

```
int sum = 0;
int i = 0;
for (i = 0; i < 10; i++)
    sum += i;
```

Cerințe:

```
i=1
i++; // ==1 si i == 2
++i; // ==2 si i == 2, compilatorul nu are nevoie de o variabila temporara
```

- în ciclul for de mai sus putem folosi $i++$ sau $++i$. Există o diferență între cele două operații?

- (b) scrieți cod Assembly echivalent cu această secvență;
- (c) comparați rezultatul cu secvența de cod de la exercițiul precedent, subpunctul (i). Care variantă este mai eficientă?
- (d) rescrieți secvența de C de mai sus dar de data aceasta la fiecare iterație actualizați suma de două ori (acum suma este actualizată o singură dată).
4. În contextul pipelining, când codul sursă primit are dependențe de date, ce fel de erori (hazards) reprezintă următoarele secvențe?
- (a) $\%eax \leftarrow \%ebx + \%ecx$, $\%eax \leftarrow \%ebx + \%edx$ WAW
- (b) $\%ebx \leftarrow \%ecx + \%eax$, $\%eax \leftarrow \%edx + \%eax$ WAR
- (c) $\%eax \leftarrow \%ebx + \%ecx$, $\%edx \leftarrow \%eax + \%edx$ RAW
- (d) $\%eax \leftarrow 6$, $\%eax \leftarrow 3$, $\%ebx \leftarrow \%eax + 7$ WAW și RAW (rezultatul poate fi 10 sau 13)
5. Aveți un calculator al cărui CPU are două unități principale: 1) o unitate care încarcă date din memorie în regiștri (câte o variabilă o dată) și 2) o unitate aritmetică/logică care poate executa două instrucțiuni simultan. Calculați cât mai eficient pe această mașină expresia $a + b + a \times c + b \times c + d + d \times e$.
6. Considerăm următoarea secvență de cod C unde A și B sunt vectori iar na și nb reprezintă dimensiunile celor doi vectori:

```

while (na > 0 && nb > 0)           salt 1: sare mereu
{
    if (*A <= *B) {                 salt 2: in general nu stim
        *C++ = *A++; --na;
    } else {
        *C++ = *B++; --nb;
    }
}

while (na > 0) {                   salt 3: sare mereu
    *C++ = *A++; --na;
}

while (nb > 0) {                   salt 4: sare mereu
    *C++ = *B++; --nb;
}

```

Cerințe:

- (a) ce face algoritmul de mai sus? interclasare
- (b) câte instrucțiuni de branch (salt) există în codul de mai sus? 4
- (c) puteți prezice eficient pentru fiecare branch dacă acesta sare sau nu? ☐
- (d) dacă au fost salturi pe care nu le puteți prezice, schimbați codul de mai sus astfel încât să le eliminați. eliminam saltul 2
7. Scrieți o funcție toUpper() care ia ca parametru un șir de caractere și returnează același șir dar în care toate caracterele sunt majuscule (limbajul de programare nu este important, puteți scrie pseudo-cod). Scrieți inițial o soluție cu salturi și apoi încercați să eliminați salturile complet. Gândiți-vă cum puteți îmbunătăți soluția și mai mult.