מגיש מעולה

מועד ג מבנה מהדרים
סמ' ב חומר עזר מותר

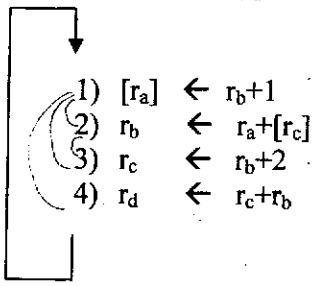
שאלה 1:

Generate a compiler code (following the scheme given in the class)
for the assignment statement in p3() of the following program.
For each instruction give a short comment describing what is computed
by this instruction, e.g., ``the start address of a'',
and shortly justify nesting depth and offsets (describe the address
calculation).

```
A: array[0..500,0..500] of int;
proc p0(x0:int, c:array[?..?,?..?])
   proc p1(x1:int)
      proc p2(x2:int, b:array[?..?,?..?])
         proc p3(x3:int, a:array[?..?,?..?];
         begin
         a[x1,x2]=c[b[x1,x3],x2];
         end;
      begin
      p3(x2+1,b);
      end;
   begin
   p2(x1+1,A);
   end;
begin
x0=100;
p1(200);
end.
```

שאלה 2: נתונה מכונה עם ALU אחד ו PIPLINE אחד. בהינתן הלולאה הבאה ענה על השאלות:

i=1...n.

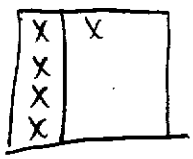


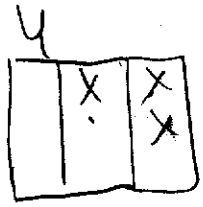
א. העיכוב בין כל 2 פק' הוא 1 למעט :

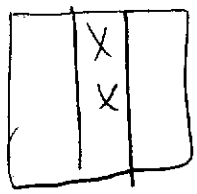
latency(1,2)=latency(2,1)=4
latency(2,3)=latency(3,2)=4

זמן הביצוע של כל פקודה הוא 1 למעט פקודה מס' 4 שזמן הביצוע שלה הוא 2.

1- ציירי את גרף התלויות של גוף הלולאה לאחר ביצוע גלילה.
2- חשבי חסם תחתון ועליון של זמן הריצה של גוף הלולאה ליפני ואחרי הגלילה ונמק האם כדאי לבצע גלילה.
3-הפעל LIST SCHEDUALING על גוף הלולאה החדש וחשב את התזמון + טבלאות משאבים.
4- האם כדאי לבצע גלילה נוספת ואם כן מה יהיה השיפור ואם לא מדוע לא נקבל שיפור נוסף?







קומפילציה - מבחן לדוגמא (מועד ב' סמ' ב') (המבחן מבואר)

שאלה 1

א. יש לייצר קוד מכונה עבור הגישה למערך a ב- p3

ב. זהו סקופ, שידרש ש לבטא (גישה) מה הקוד עושה, ולומר מה היא מתאימה

ג. לבנות את עומקי הקינון וה offsets.

פתרון:

נתחיל מ-ג. כי זה יותר הגיוני לבצע עומקי קינון ו offsets לפני שמייצרים קוד. (סימן בכחול את העומק קינון).

ג.

```
A: array[0..500,0..50] of int;
proc p0(x0: int, c: array[?..?,?..?])
   proc p1(x1: int)
      proc p2(x2: int, b: array[?..?,?..?])
         proc p3(x3: int, a: array[?..?,?..?]
            begin
               a[x1,x2] = c[b[x1,x3],x2];
            end;
         begin
         p3(x2+1,b);
         end;
      begin
      p2(x1+1,A);
      end;
begin
x0=100;
p1(200);
end;
```

1. /* Calculate $a[x_1, x_2]$ */

```
lda  0 5
dpl  a
ind  a
ldc  i 0
lod  i 2 5
add  i
ldd  2,2+3
mul  i
lod  i 1 5
add  i
ixa  1
sli  a
```

/* Calculate $b[x_1, x_3]$ */

```
lda  1 6
dpl  a
ind  a
ldc  i 0
lod  i 2 5
add  i
ldd  2,2+3
mul  i
lod  i 0 5
add  i
```

2. /* Calculate $c[b[x_1, x_3], x_2]$

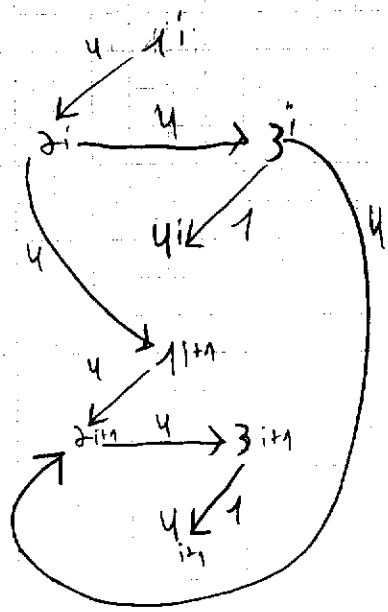
```
lda  3 6
dpl  a
ind  a
ldc  i 0
ixa  1
sli  a
ind  i
```

4. /* Code right of X3 */

```
add  i
ldd  2i+3
mul  i
lod  i 1 5
add  i
ixa  1
sli  a
```

5. /* Assignment of the result */

```
ind i
sto i
```



סעיף ג

לפני Unrolling:

תזמון:

1 xxx
2 xxx
3
4

4, 6 → 10

אין סה"כ: 10n

ניתן שהתלויות הן: 1→2→3→4

החסם העליון = חסם תחתון = 10n

(4) Almost

אחרי Unrolling:

תזמון:

1i xxx	1i xxx
2i xxx	2i xxx
1i+1	3i
3i	1i+1
4i x	4i xx
2i+1 xxx	2i+1 xxx
3i+1	3i+1
4i+1	4i+1
8, 10 → 18	8, 11 → 19

מקבל מגע מגע והכנות (1→2→3→4)

$18 \cdot \frac{n}{2} = 9n$ $\quad$ $19 \cdot \frac{n}{2} = 9.5n$

מקרה גרוע-חסם עליון: סדרות מרוצות את שתי האיטרציות

מקבלים $20 \cdot \frac{n}{2} = 10n$

חסם תחתון: 9n

תשובה: כן לעשות loop unrolling כי מרוויחים n מחזורי זמן.

סעיף 3

1. $[r_a] \leftarrow r_b + 1$

#	Mem	ALU
0	V	x
1	X	

קומפיילרים - מבחן סמסטר (סמס׳ ב׳)

Res0 משאב חומרה שממש עבור פקודות 1,2,3,4

Res4 - משאב חומרה שמשמש עבור 4 (אורכו 2 cc)

Res1, Res2 - נועדו למצב התנגשות אחרי 1 מחזור

Res5, Res6 - נועדו למצב התנגשות אחרי 1 מחזור 2
ממקרים של התנגשות אחרי 3 מחזורי 2

Res7, Res8 - נועדו למצב התנגשות אחרי 3 מחזורים

(2) טבלאות משאבים:

טבלה עבור 1

Res0	Res1	Res2	Res5	Res6
X	X		X	X
		X		
	X			

טבלה עבור 4

Res0	Res4	
X		
	X	

טבלה עבור 2

Res0	Res1	Res2	Res5	Res6	Re
X	X	X			X
			X	X	
	X				
			XX		

טבלה עבור 3

Res0	Res5	Res6	Res7	Res8
X	X	X		
			X	
				X
			X	

טבלת עדיפויות

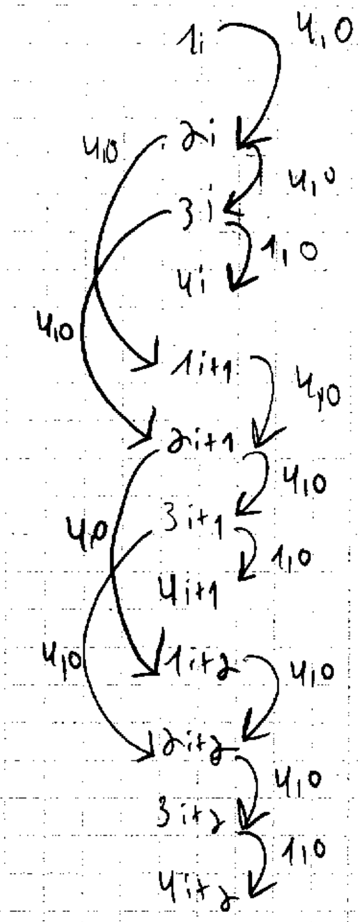
Instruction #	Height	Estart	Lstart	Slack	Register Use	Uncover
1i	17+1	0	0	0	0/1	1
2i	13+1	4	4	0	1/2	2
3i	9+1	8	8	0	1/2	2
4i	1	9	9	0	1/1	0
1i+1	9+1	8	8	0	1/1	1
2i+1	5+1	12	12	0	2/1	1
3i+1	1+1	16	16	0	1/1	1
4i+1	1	17	17	0	1/1	0

Unscheduled: ~~1_i~~, ~~2_i~~, 3_i, ~~4_i~~, 1_{i+1}, 2_{i+1}, 3_{i+1}, ~~4_{i+1}~~

RU_Map

T	Res0	Res1	Res2	Res3	Res4	Res5	Res6	Res7	Res8	RL	SCHED	הסבר
1	X					X	X			1_i	$1_{i\ XXX}$	
2	X	X	X					X	X	2_i	$2_{i\ XXX}$	
3	X					X	X			3_i, 1_{i+1}	1_{i+1}	$3_i < 1_{i+1}$ ו Reg.use -
4	X	X				X	X			3_i, 2_{i+1}	3_i	$2_{i+1} < 3_i$ ו
5	X		X		X			X		4_i, 2_{i+1}	4_i	$n_{2_{i+1}} > n_{4_i}$ ... Res7
6		X	X		X				X	2_{i+1}	$\bar{X}$	1_{i+1} ... Res
7								X		2_{i+1}		3_i ... Res
8	X	X	X					X	X	2_{i+1}	$2_{i+1\ XXX}$	... 2_{i+1}
9	X					X	X			3_{i+1}	3_{i+1}	-
10	X				X			X		4_{i+1}	4_{i+1}	

10 + 9 = 19 cc :סה"כ



חסם תחתון: ה critical path הוא $25+2=27cc$: 1i, 2i, 3i, 2i+1, 3i+1, 2i+2, 3i+2, 4i+2

מסלול

חסם עליון: $9+9+9+2+2+2=33cc$ ביצוע סדרתי. סה"כ:

$27 \le T_{u=2} \le 33$

$19 \le T_{u=1} \le 22$

$11 \le T_{u=0} \le 11$

הזמן עבור $T_{u=2}$ נקח את הגרוע $27 \cdot \frac{n}{3} = 9n\ cc$

$T_{u=1}$ $19 \cdot \frac{n}{2} = 9.5n\ cc$

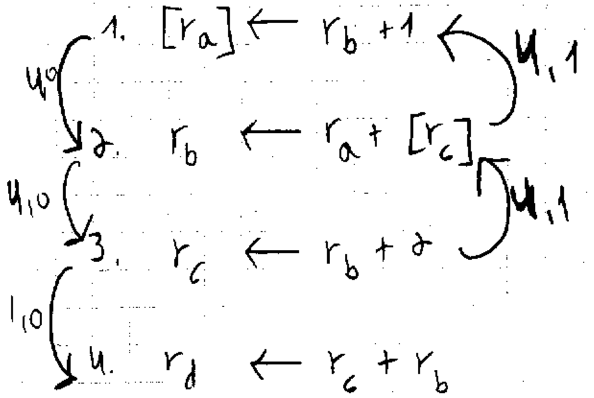
$T_{u=0}$ $11n$

נראה שבחרו שלא נוסיף, כי יש הפסד בתחתון...

מבחן ארכיטקטורה - פתרון יט'

שאלה 2

סעיף 1



סימון i,j

i - זמן latency

j - מרחק בין איטרציות

תלויות:

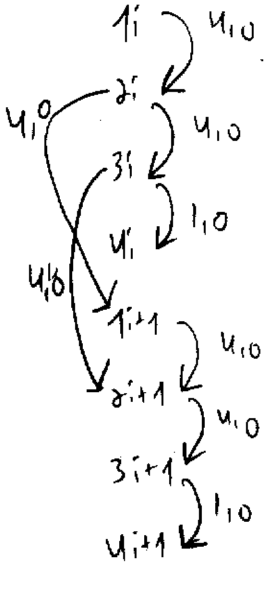
1. Anti-dependence בין 2 ו 1 ע"י r_b
2. Flow [ra] בפקודה 1 ל- [rc] בתנאי ש $r_a = r_c$
3. Flow בין r_b מפקודה 2 ל- r_b בפקודה 3
4. Flow בין r_c בפקודה 3 ל- r_c בפקודה 4

תלויות אחורה

1. בין פקודה 2 ל-1 ע"י r_b משקל ימני 1
2. בין פקודה 3 ל-2 ע"י r_c " " 1

ג) default של loop unrolling factor = 1.

Loop unrolling



סעיף ב'

$$\underbrace{9+2}_{\text{תחתון}} \le \underbrace{T_{u=0}}_{\text{כלומר אין unrolling}} \le \underbrace{9+2}_{\text{עליון}}$$

סיכום: יש תלויות 4,3,2,1 שלא מאפשרות ביצוע שונה משמעותי

(?) נמצא את ה-critical path שבו יש לנו חסם תחתון: 17+2

חסם עליון - ביצוע סידורי של הלולאה, שווה ל: 18+2+2

$$17+2 \le T_{u=1} \le 18+2+2$$

Loop Unrolling

סיכום: החסם התחתון שמתקבל לאחר loop unrolling קטן יותר טוב ולכן כדאי לעשות.

(כדי לבצע תזמון)

סעיף ג

Scheduling עושים לפי האלגוריתם

לא מבצע אופטימיזציות ימצא את

האופטימלי

T	RL	SCHED	נימוק
1	1i	1i xxx	
2	2i	2i	
3	3i,1i+1	1i+1	3i - 5 ; 1i+1 - 6
4	3i	3i	עובר פעולה 9, ולכן חשוב slack
	4i, ...		