



## طراحی کامپایلرها

نیم‌سال دوم ۹۸-۹۹

نام و نام خانوادگی: حسن ذاکر، علیرضا دقیق، سپهر فعلی

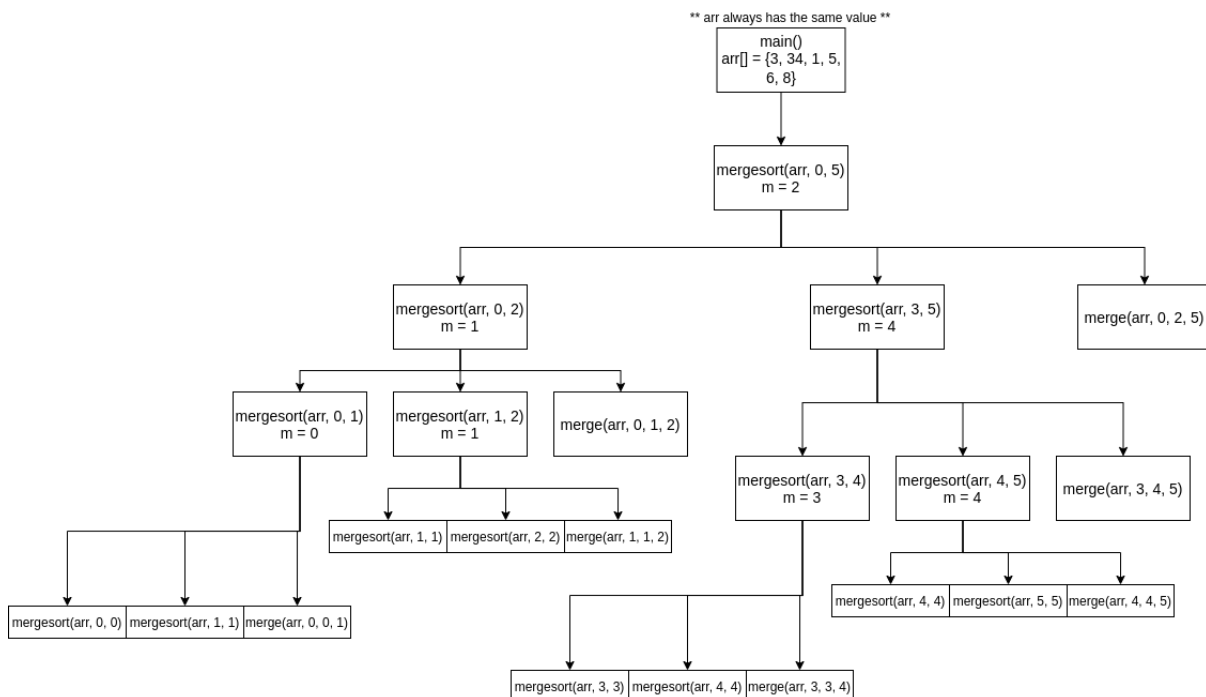
پاسخ تمرین سری پنجم

بهینه‌سازی و تولید کد

موعد تحویل: ۹۹/۱۰/۲۷

## مسئله‌ی ۱.

پاسخ.



## مسئله‌ی ۲.

پاسخ. هنگامی که اولین بار خط یازده صدا زده می‌شود مقدار پارامترهای تابع به ترتیب ۱۲ و ۲۴ است. ابتدا pushParam برای ۲۴ صدا زده می‌شود و ۲۴ در استک قرار می‌گیرد. سپس pushParam برای ۲۴ صدا زده می‌شود و آن هم در استک قرار می‌گیرد و سپس تابع gcd صدا زده می‌شود. مسوول push کردن اینموارد تابع gcd اولیه است. مقدار fp نسبت به مقدار اولین به این صورت است که به خاطر تابع main و ورودی‌های gcd اولیه مقدار  $ra + a + b + c + x + y$  یعنی ۲۴ تا فریم پوینتر یک پایینتر است و همچنین به خاطر ورودیهای خودش و همچنین ra متغیر محلی‌های تابع ۱ تا ۱۶ تا پایین تر است پس در مجموع می‌شود ۴۰ - همچنین هنگامیکه خط یازده صدا زده می‌شود چیزی push نمی‌شود بلکه مقداری که ورودی تابع بودند pop می‌شوند.

## مسئله‌ی ۳.

پاسخ.

مسئله‌ی ۴.

پاسخ.

مسئله‌ی ۵.

پاسخ.

```
1 __A.methodA:
2     BeginFunc 20;
3     __t0 = *(this + 4);
4     __t1 = a + __t0;
5     __t2 = 10;
6     __t3 = __t1 * __t2;
7     __v0 = __t3; //register that keeps return value
8     EndFunc;
9 VTable A = __A.methodA, ;
10
11
12 __B.methodB :
13     BeginFunc 32;
14     __t0 = *(this + 8);
15     __t1 = param + __t0;
16     __t2 = *(this);
17     __t3 = *(__t2);
18     __t4 = 6;
19     PushParam __t4;
20     __t5 = ACall __t3;
21     PopParams 4;
22     __t6 = __t1 * __t5;
23     __v0 = __t6;
24     EndFunc;
25 VTable B = __A.methodA, __B.methodB, ;
26
27 main:
28     BeginFunc 28;
29     __t0 = 12;
30     PushParam __t0;
31     b = LCall__Alloc;
32     PopParams 4;
33     __t1 = B();
34     *b = __t1;
35     __t0 = 5;
36     *(b + 4) = __t0;
37     __t0 = 10;
38     *(b + 8) = __t0;
39     __t0 = 4;
40     PushParam __t0;
41     x = LCall__Alloc;
42     PopParams 4;
```

```

43  _t1 = *(b)    // pointer to vtable
44  _t2 = *(_t1 + 4) //pointer to _B.methodB in vtable B
45  _t0 = 2;
46  PushParam _t0;
47  *x = ACall _t2;
48  PopParams 4;
49  EndFunc;

```

مسئله ۶.

پاسخ.

Instruction	Live Variables
$a = 1 + 2;$	b, e, f
$b = a + b;$	a, b, e, f
$z = a * 2;$	a, b, e, f
$c = b + e;$	a, b, e, f
$d = c + b;$	a, b, c, f
$x = b + 3;$	a, b, c, d, f
$z = a * 8;$	a, c, d, f, x
$t = c - 2;$	c, d, f, x, z
$f = x + f;$	d, f, x, z
$y = x - 2;$	d, x, z
$d = d - y;$	d, x, y, z
	d, x, z

۱.

۲. در دور اول، دستورات زیر به ترتیب حذف میگردند. (با توجه به آنالیز متغیرهای زنده بخش قبلی)

(آ) ابتدا دستور  $f = x + f$  حذف میگردد. زیرا بعد از آن، متغیر  $f$  زنده نخواهد بود.

(ب) سپس دستور  $t = c - 2$  حذف میگردد. زیرا بعد از آن، متغیر  $t$  زنده نخواهد بود.

(ج) سپس دستور  $z = a * 2$  حذف میگردد. زیرا بعد از آن، متغیر  $z$  زنده نخواهد بود.

نتیجه این تغییرات و آنالیز دوباره متغیرهای زنده به شکل زیر خواهد بود:

Instruction	Live Variables
$a = 1 + 2;$	b, e
$b = a + b;$	a, b, e
$c = b + e;$	a, b, e
$d = c + b;$	a, b, c
$x = b + 3;$	a, b, d
$z = a * 8;$	a, d, x
$y = x - 2;$	d, x, z
$d = d - y;$	d, x, y, z
	d, x, z

در دور دوم، هیچ دستوری با لحاظ کردن متغیرهای زنده حذف نمی‌شود. پس به سراغ مقادیر ثابت می‌رویم و Copy Propagation

(آ) ابتدا  $a = 1 + 2$  تبدیل می‌شود به  $a = 3$

(ب) سپس  $b = a + b$  تبدیل می‌شود به  $b = 3 + b$

(ج) سپس  $z = a * 8$  تبدیل می‌شود به  $z = 24$

نتیجه این تغییرات و آنالیز دوباره متغیرهای زنده به شکل زیر خواهد بود:

Instruction	Live Variables
$a = 3;$	b, e
$b = 3 + b;$	b, e
$c = b + e;$	b, e
$d = c + b;$	b, c
$x = b + 3;$	b, d
$z = 24;$	d, x
$y = x - 2;$	d, x, z
$d = d - y;$	d, x, y, z
	d, x, z

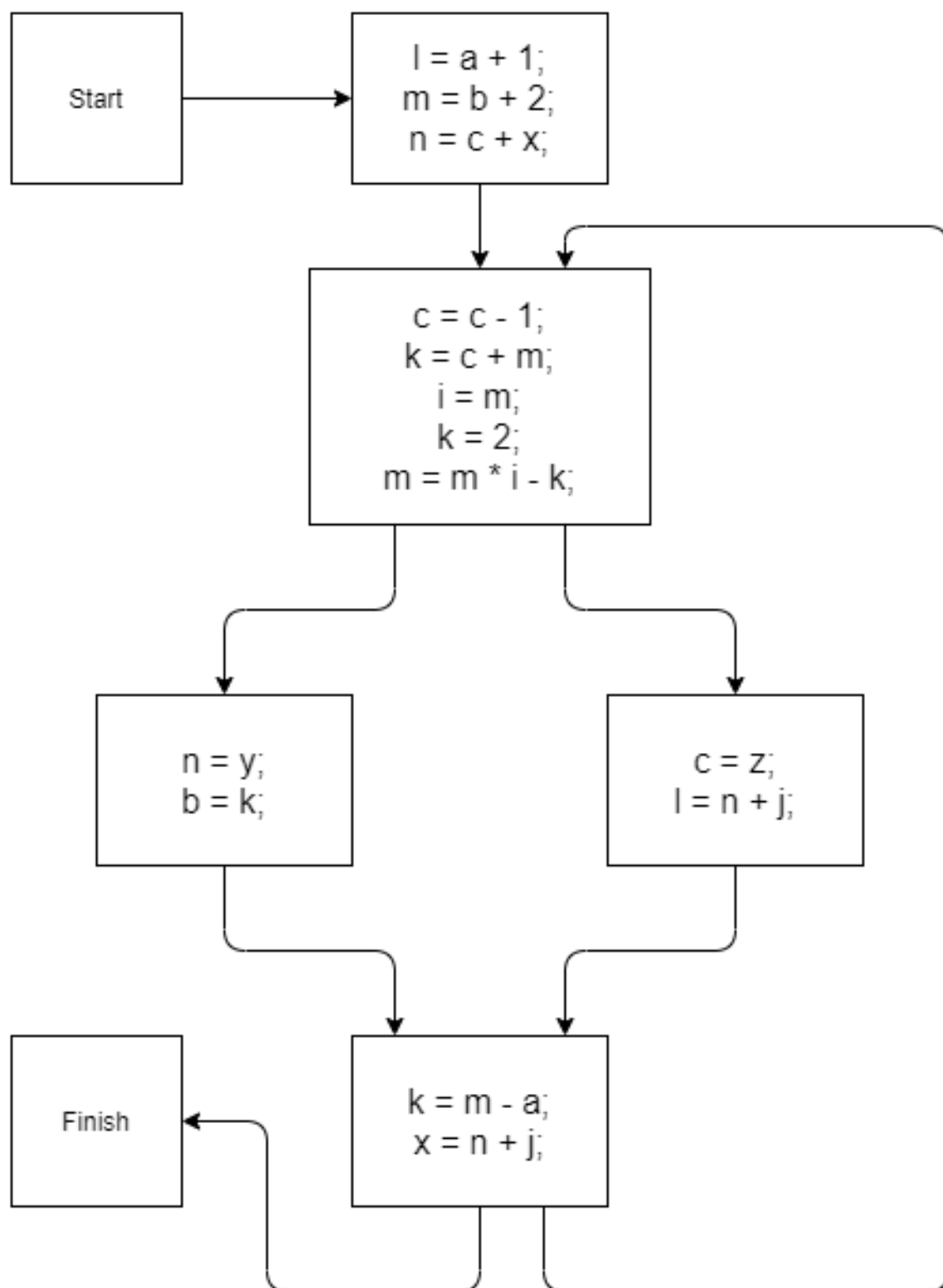
در دور سوم و آخر، با توجه به متغیرهای زنده، فقط میتوان اولین جمله را حذف کرد. یعنی  $a = 3$  کد نهایی:

```

1 b = 3 + b;
2 c = b + e;
3 d = c + b;
4 x = b + 3;
5 z = 24;
6 y = x - 2;
7 d = d - y;
```

مسئله ۷.

پاسخ.



۱.

۲.

۳.

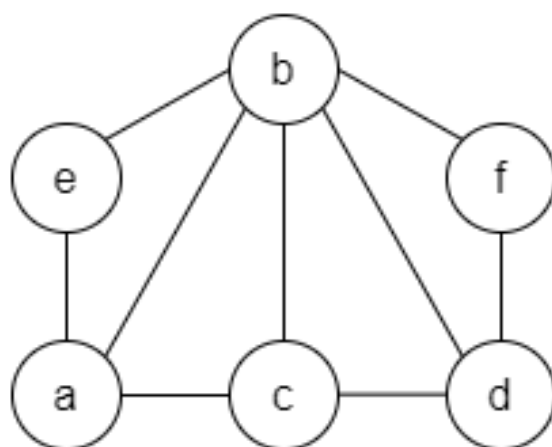
۴.

مسئله ۸.

پاسخ.

Instruction	Live Variables
$a = b$	b, e
$c = 7 + 7 * e$	a, b, e
$d = a$	a, b, c
$a = d * d$	b, c, d
$d = 5 * a$	a, b, c
$f = c * 5 + 10$	b, c, d
$f = d - f$	b, d, f
$c = f + 1$	b, f
$e = c * b$	b, c
	b, c

۱. با توجه به جدول بالا، گراف تداخل رجیسترها به شکل زیر خواهد بود:

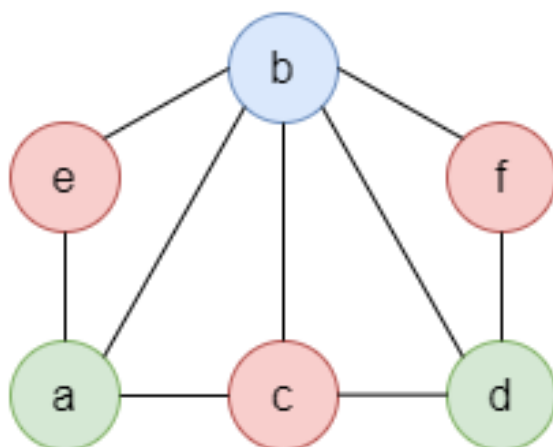


۲. با توجه به این که در گراف، دور به طول ۳ داریم، در بهترین حالت سه رجیستر نیاز است. سه عدد رجیستر را امتحان میکنیم تا ببینیم کفایت می‌کند یا خیر. که خواهیم دید کفایت می‌کند.

ابتدا e را برمیداریم. سپس a را برمیداریم. بعد c و بعد d را برمیداریم. تا اینجا، هر راسی را که برداشتیم، دو عدد یال خروجی داشت. حال f و در آخر b را برمیداریم.

حال شروع به رنگ کردن می‌کنیم. ابتدا b را می‌آوریم و آبی می‌کنیم. سپس f را قرمز می‌کنیم و بعد آن، d را سبز. بعدی نوبت c است. آن را قرمز می‌کنیم. بعدی a است و سبز میشود. و آخری که e خواهد بود، قرمز میگردد.

تصویر پایین، نتیجه پایانی را نشان میدهد:



مسئله‌ی ۹.

پاسخ.