

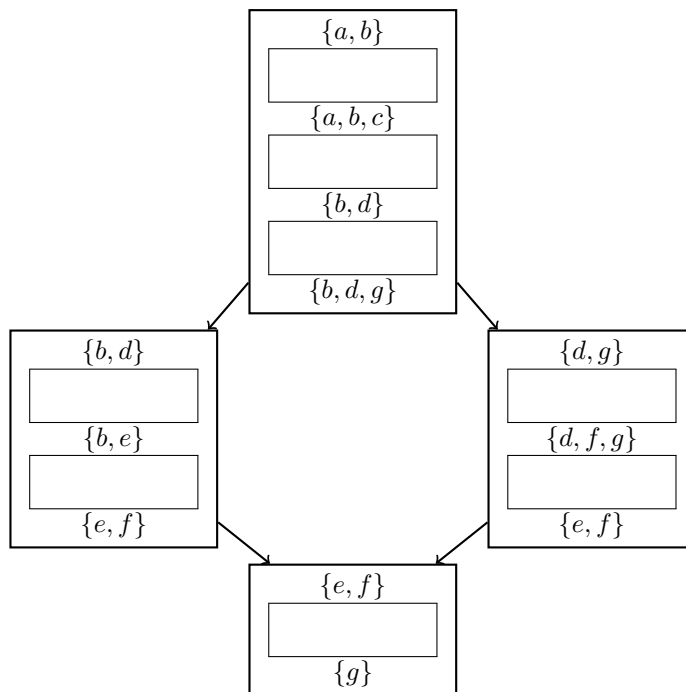
سوال ۱: کد اسمبلی

```
int fact(int x) {
    if (x <= 0)
        return 1;
    return x * fact(x-1);
}

frac(4);
```

کد میانی به زبان اسمبلی برای تابع روبرو که به زبان C++ است تولید کنید. باید کدهای شروع و پایان تابع را هم داشته باشد. فرض کنید متغیر به تابع به واسطه ثبات‌ها (registers) ارسال می‌شود.

سوال ۲: تحلیل جریان داده



در نمودار روبرو جاهای خالی را با عبارت‌های محاسباتی ساده به صورتی پر کنید که مجموعه‌های مشخص شده نمایش‌دهنده متغیرهای زنده (live variables) در آن مکان‌ها باشند.

سوال ۳: زمان‌بندی دستورات

```
L1: mov 0(%rbp), %r0
L2: mov -8(%rbp), %r1
L3: add %r0, %r0
L4: add %r0, %r1
L5: mov -16(%rbp), %r1
L6: add %r0, %r1
L7: mov %r1, -8(%rbp)
```

فرض کنید ماشین‌داری که یک نوع ماژول ALU دارد که هر عملش یک واحد زمانی طول می‌کشد. و یک نوع ماژول حافظه دارد که در آن خواندن از حافظه ۲ واحد و نوشتن در حافظه ۱ واحد زمانی طول می‌کشد. کد روبرو را در نظر بگیرید:

۱. گراف وابستگی همراه با تاخیر را برای کد بالا رسم کنید (تاخیر به معنی میزان زمانی است که نیاز است صبر کنیم تا دستور بعدی را بتوانیم اجرا کنیم).

۲. اگر ماشینی با یک ماژول از نوع ALU و یک ماژول از نوع حافظه داشته باشیم که حافظه ماشین به صورت دو مرحله‌ای باشد و بتواند در هر واحد زمانی یک دستور جدید را دریافت کند، پس از زمان‌بندی دستورات (Instruction Scheduling) ترتیب زمان اجرای دستورات چگونه خواهد بود؟ میزان تسریع چقدر است؟

۳. اگر دستورات را در یک حلقه اجرا کنیم، به نظرتان حداقل چندبار دستورات حلقه را بازنویسی کنیم تا بیشترین تسریع را داشته باشیم؟

برای نمایش زمان اجرای دستورات و محاسبه تسریع جدولی مانند جدول زیر رسم کنید:

	Clock							
Module 1								
Module 2								
...								

سوال ۴: تخصیص ثبات

```
d = b + a;
e = d - c;
b = d * a;
if (e < b) {
    f = b + a;
} else {
    f = e + a;
}
g = 42;
g = e * f + g;
h = g * g;
b = f * f;
h = f + b + h;
return h;
```

کمترین تعداد ثبات بدون ذخیره‌سازی متغیرها (spilling) برای کد روبرو چند تاست؟ با رسم نمودار زنده بودن متغیرها و گراف مربوطه پاسخ خود را توضیح بدهید.

سوال ۵: موازی‌سازی

```
for i = 1 to n-1
  for j = 1 to n-1
    A[i, j] = A[i, j] + A[i, j-1] + A[i-1, j-1];
```

بردارهای وابستگی کد بالا چیست؟ با چه تبدیلی می‌توان حلقه اول از کد بالا را موازی‌سازی کرد؟

توجه: در نهایت برگه‌های سفید اضافی از برگه پاسخ‌ها را با خود ببرید، فقط مراقب باشید منگنه از برگه‌هایی که می‌خواهید تحویل بدهید جدا نشود.

موفق باشید