《编译原理和技术》

寄存器分配

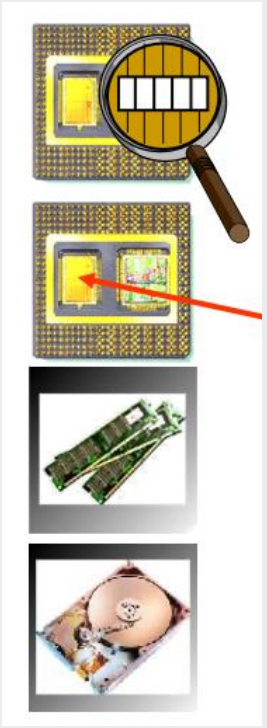
程序如何在计算机上执行的?

寄存器

缓存

内存

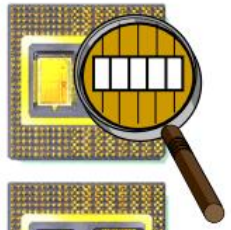
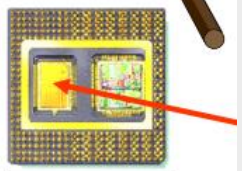
磁盘



计算单元
(龙芯CPU)

存储单元
(长鑫内存、国科微固态硬盘)

程序如何在计算机上执行的?

		读取速度(指令周期)	容量(字节)
寄存器		1	8K
缓存		3	40M
内存		20	512G
磁盘		5M	10T

计算单元
(龙芯CPU)

存储单元
(长鑫内存、国科微固态硬盘)

程序如何在计算机上执行的?

计算单元
(龙芯CPU)

		读取速度(指令周期)	容量(字节)
寄存器		1	8K
缓存		3	40M
内存		20	512G
磁盘	代码 数据	5M	10T

存储单元
(长鑫内存、国科微固态硬盘)

程序如何在计算机上执行的?

代码

计算单元
(龙芯CPU)

		读取速度(指令周期)	容量(字节)
寄存器		1	8K
缓存	代码	3	40M
内存	代码	20	512G
磁盘	代码 数据	5M	10T

存储单元
(长鑫内存、国科微固态硬盘)

程序如何在计算机上执行的?

代码

			读取速度(指令周期)	容量(字节)
寄存器		数据	1	8K
缓存	代码	数据	3	40M
内存	代码	数据	20	512G
磁盘	代码	数据	5M	10T

计算单元
(龙芯CPU)

存储单元
(长鑫内存、国科微固态硬盘)

寄存器资源管理十分重要

- 寄存器容量和个数十分有限
  - 受限于电源功耗等因素
- 为了编程简单，高级语言假设可以使用无限多个寄存器

架构	32位
ARM	15
Intel x86	8
MIPS	32
RISC-V	16/32
LoongArch	32+32

龙芯

程序片段:

```
t1 = 0
t2 = t1- 5
t3 = t1 + t2
t4 = t2 * t3
t5 = t3 – t4
… …
```

t1
t2
.
.
.
too

竞争
寄存器的使用

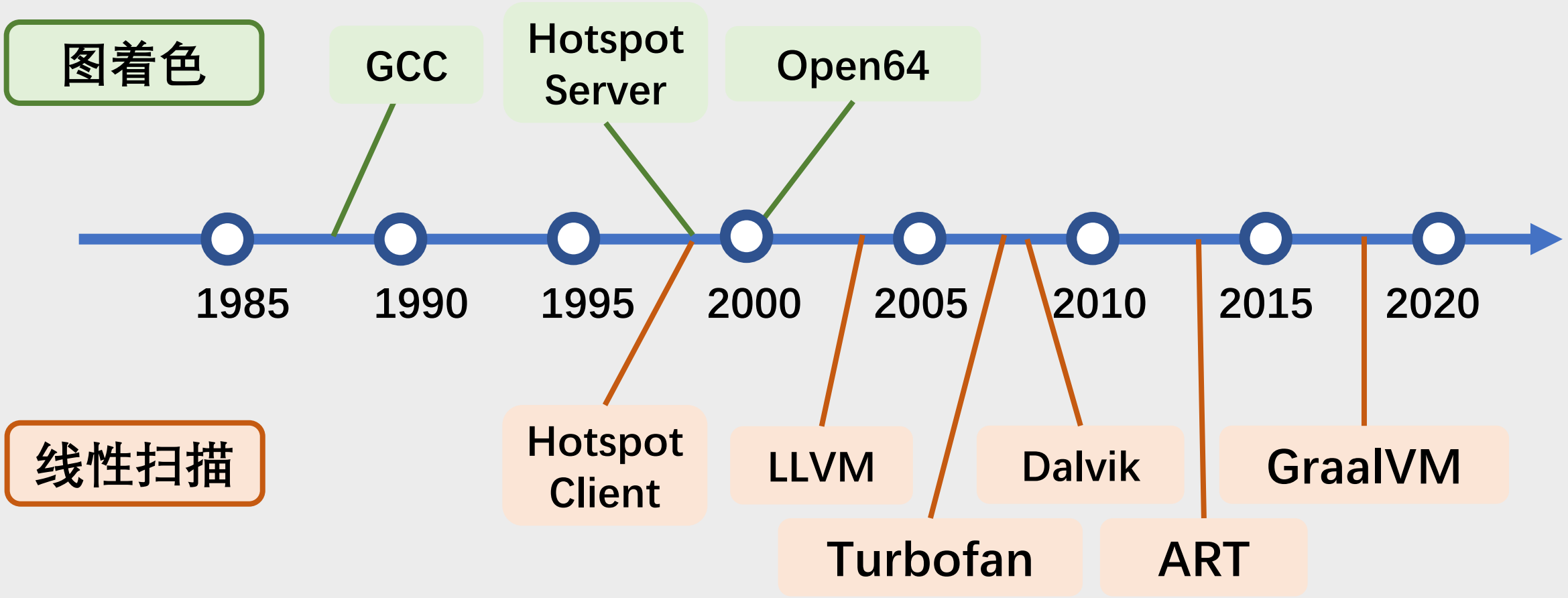
R1
R2
.
.
.
R32

寄存器分配

- **任务目标：**
  - 在不改变程序行为的前提下，将同一个寄存器分配给多个变量
- **约束条件：**
  - 同一时刻，一个寄存器只能被一个变量占用
  - 寄存器占满后，新的使用申请将选择一个寄存器，移出其所存储的变量，放回内存（成为**Spill**，产生较大的开销）
  - 换入换出寄存器的开销尽可能小

寄存器分配算法的演进

分配效果非常好、但运行时间长、常见于传统编译器。



算法运行时间很短，分配效果接近图着色、常见于现代编译器。

举例——寄存器线性扫描分配

```
        e = d + a
        f = b + c
        f = f + b
        if e == 0 goto _L0
        d = e + f
        goto _L1
_L0: d = e – f
_L1: g = d
```

a

b

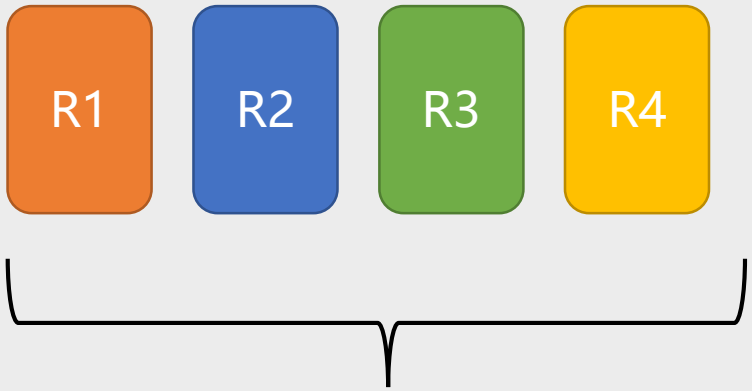
c

d

e

f

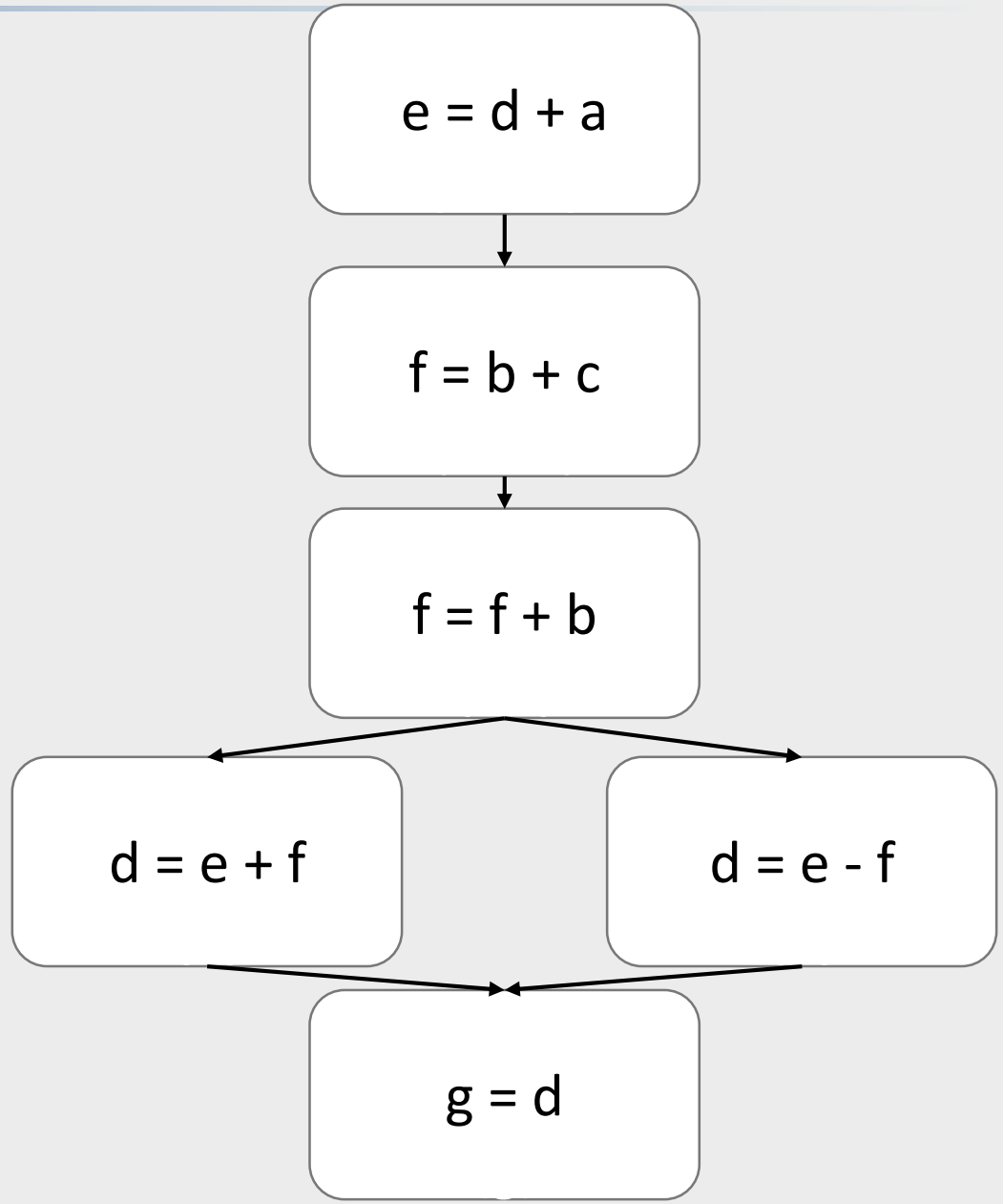
g



仅有4个可用的寄存器

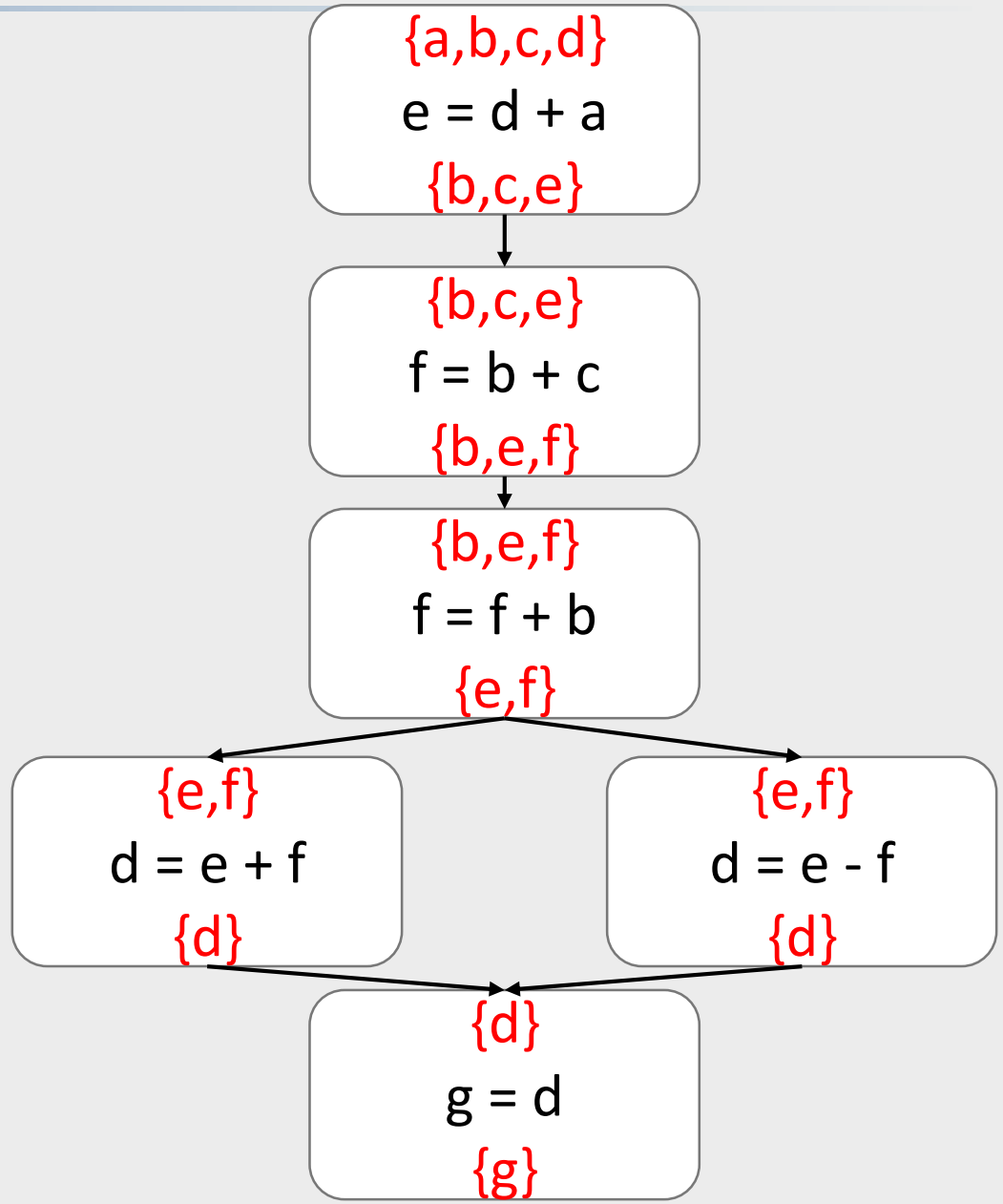
寄存器线性扫描分配——变量存活区间

```
        e = d + a
        f = b + c
        f = f + b
        if e == 0 goto _L0
        d = e + f
        goto _L1
_L0: d = e – f
_L1: g = d
```

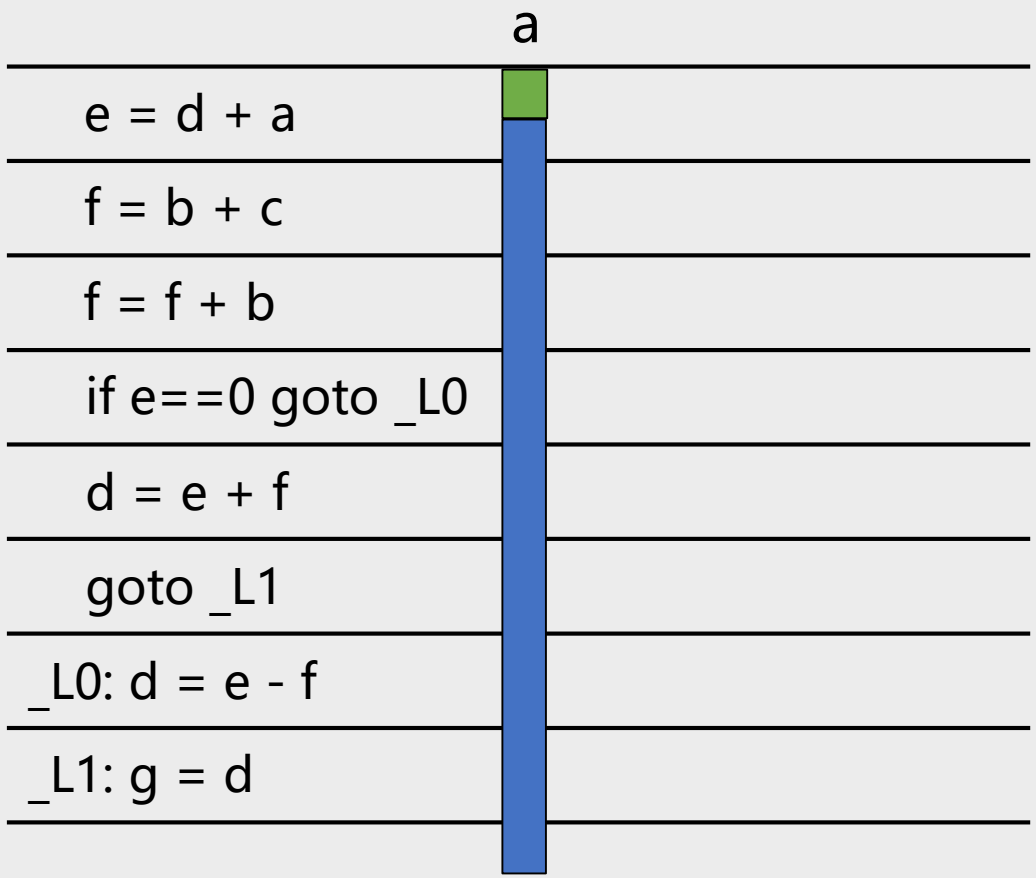


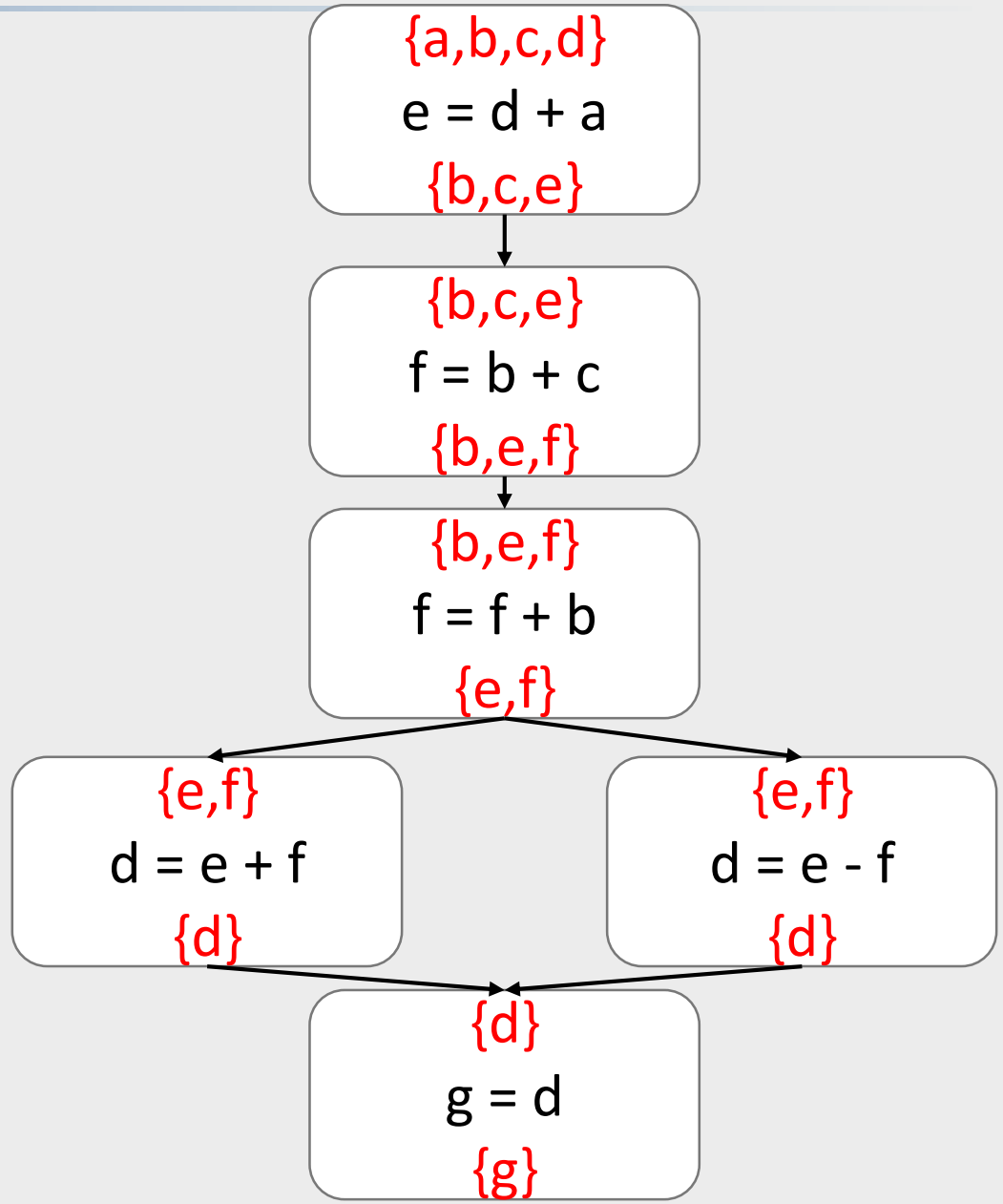
寄存器线性扫描分配——变量存活区间

```
        e = d + a
        f = b + c
        f = f + b
        if e == 0 goto _L0
        d = e + f
        goto _L1
_L0: d = e – f
_L1: g = d
```

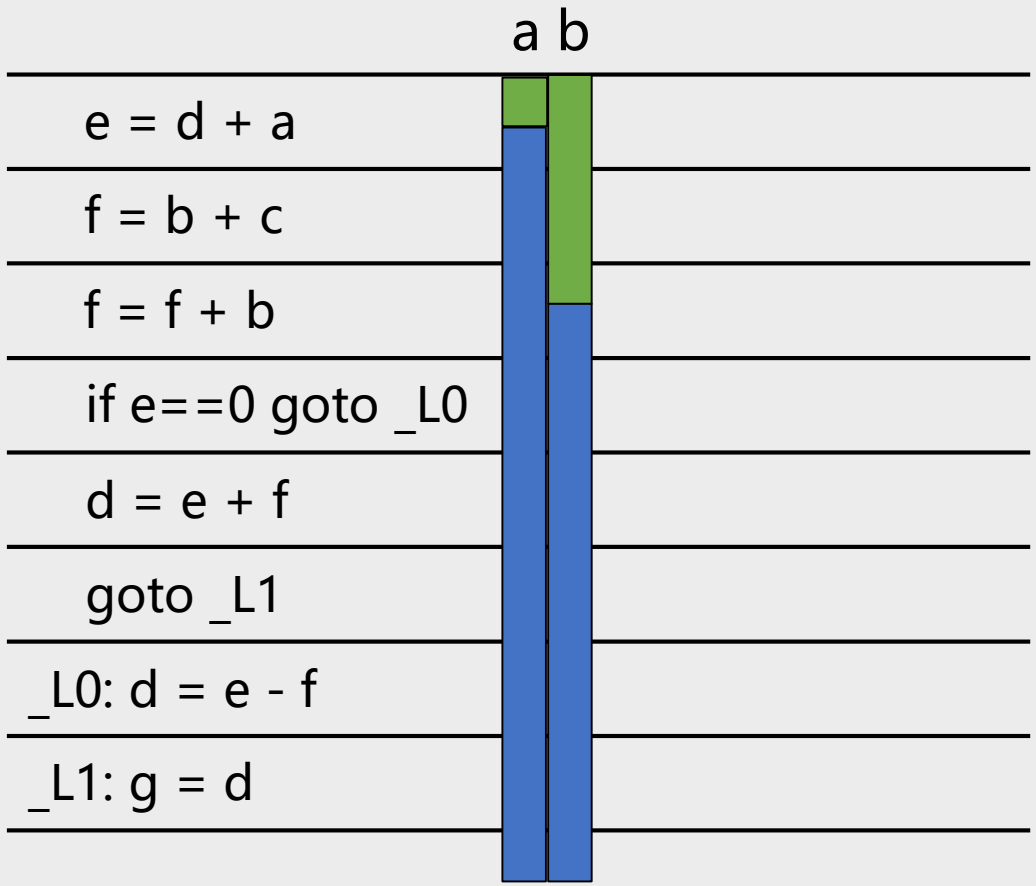


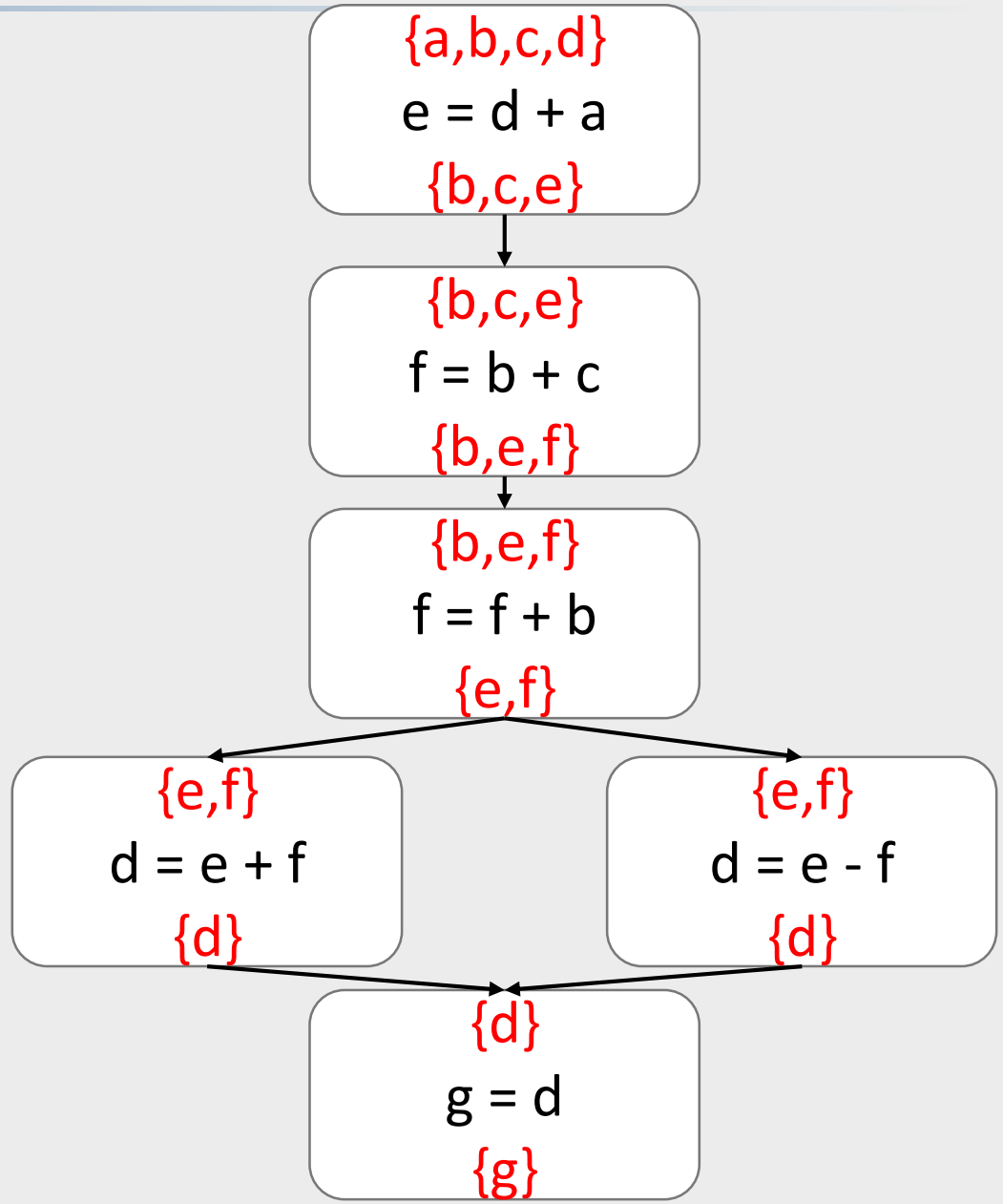
寄存器线性扫描分配——变量存活区间



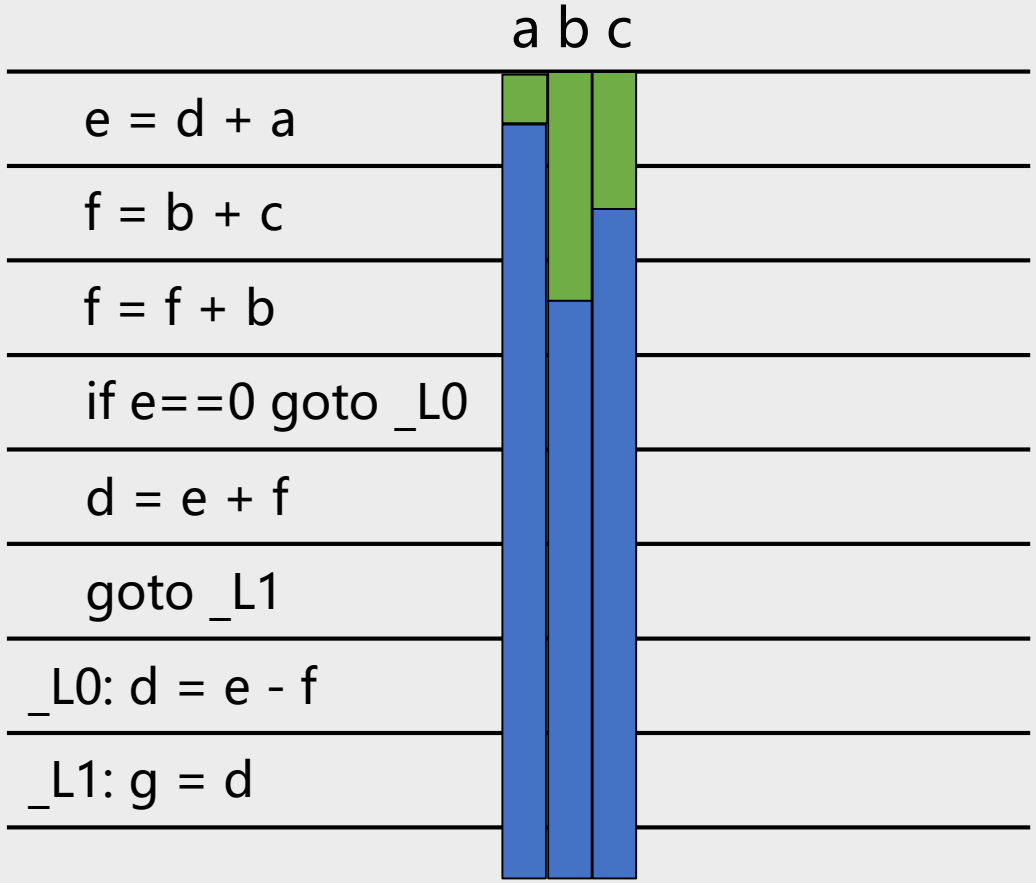


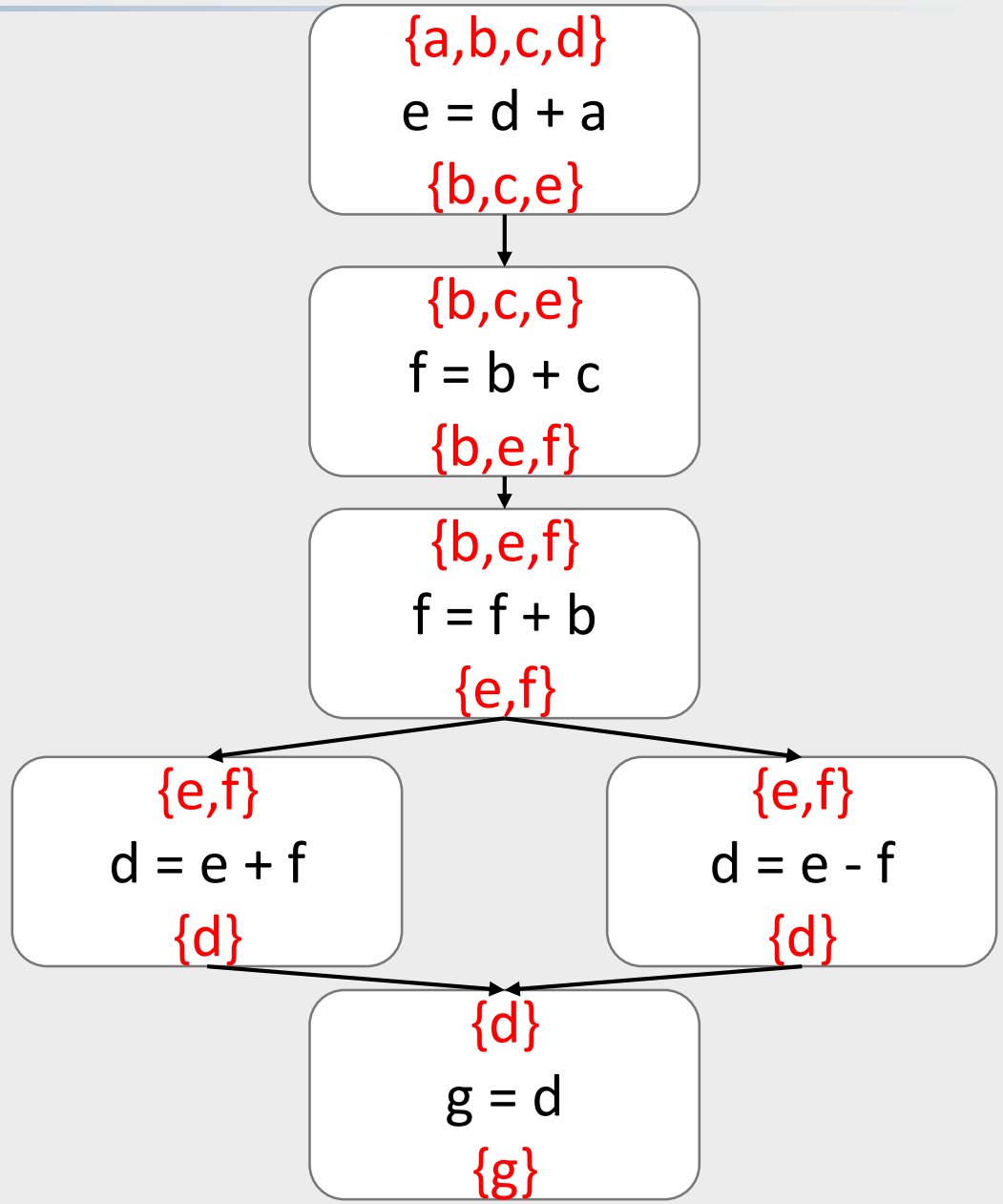
寄存器线性扫描分配——变量存活区间



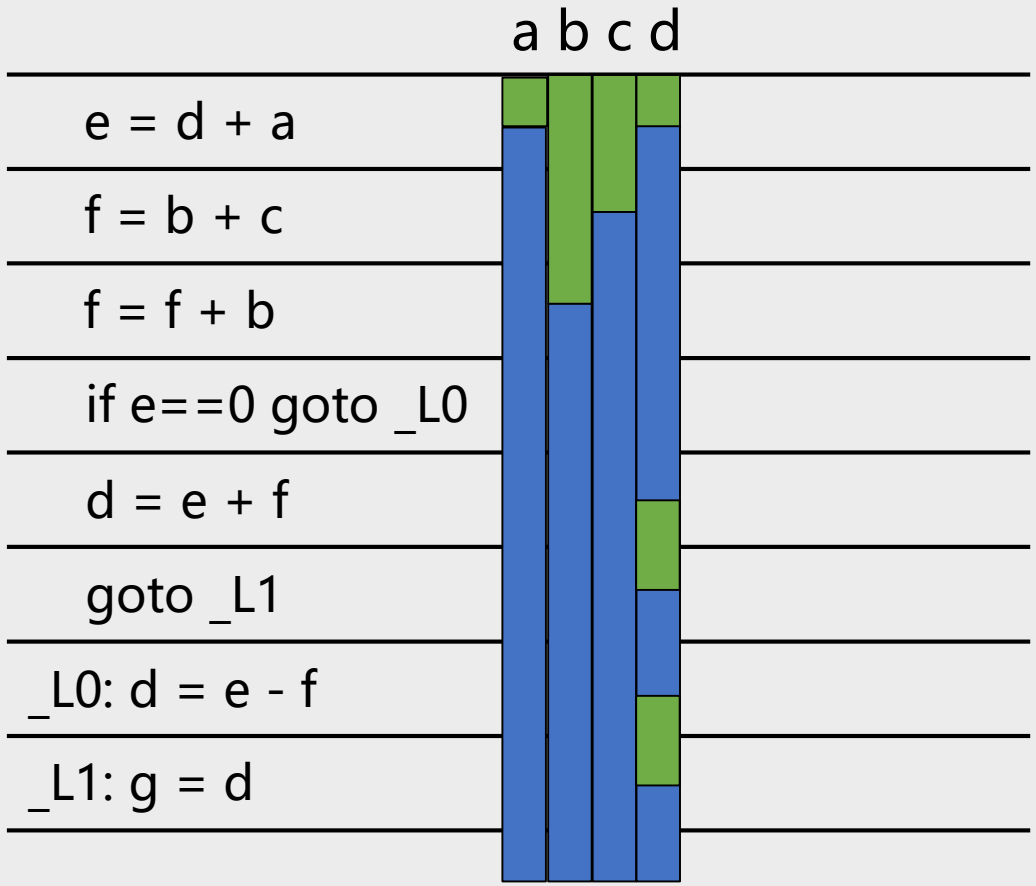


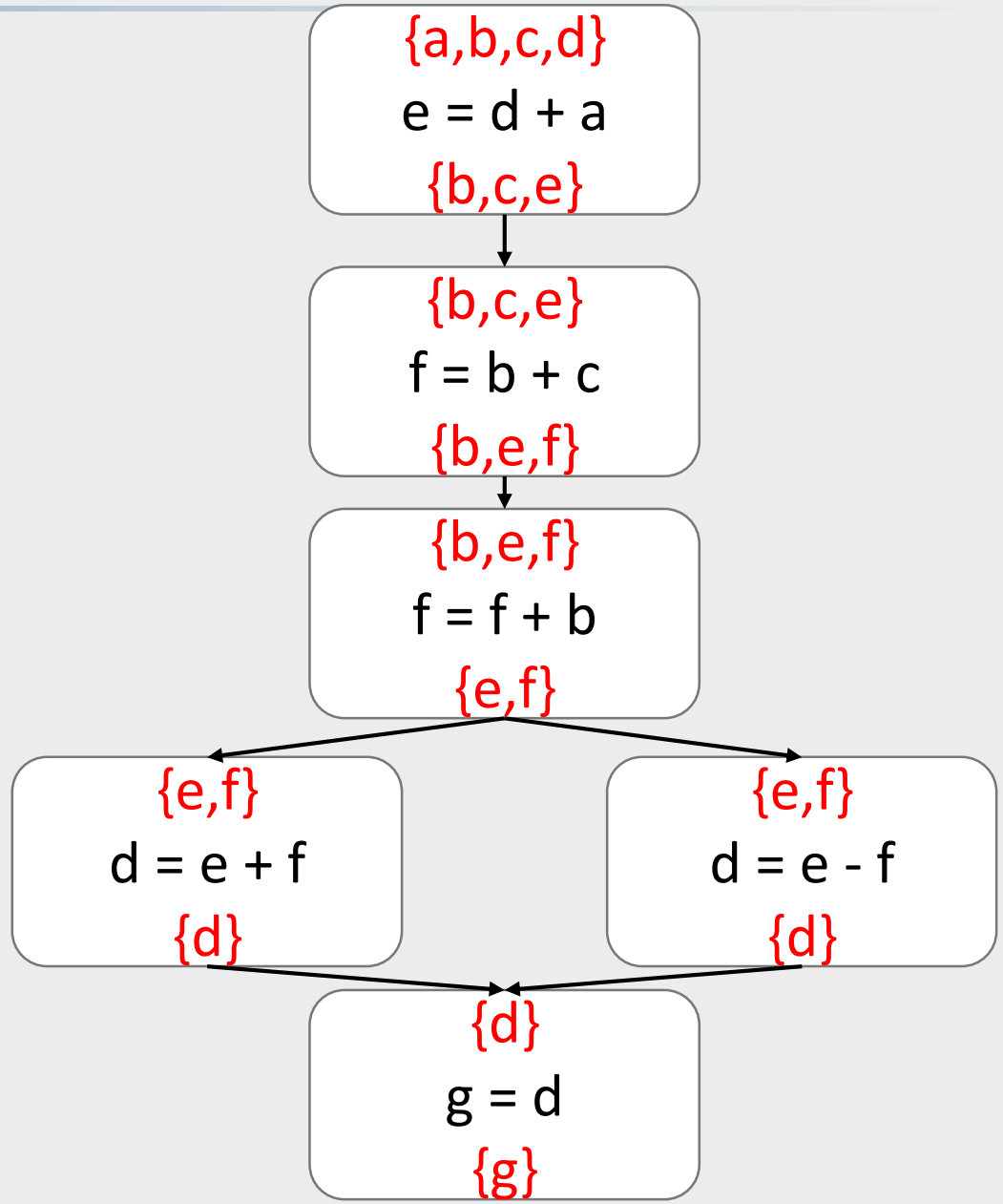
寄存器线性扫描分配——变量存活区间



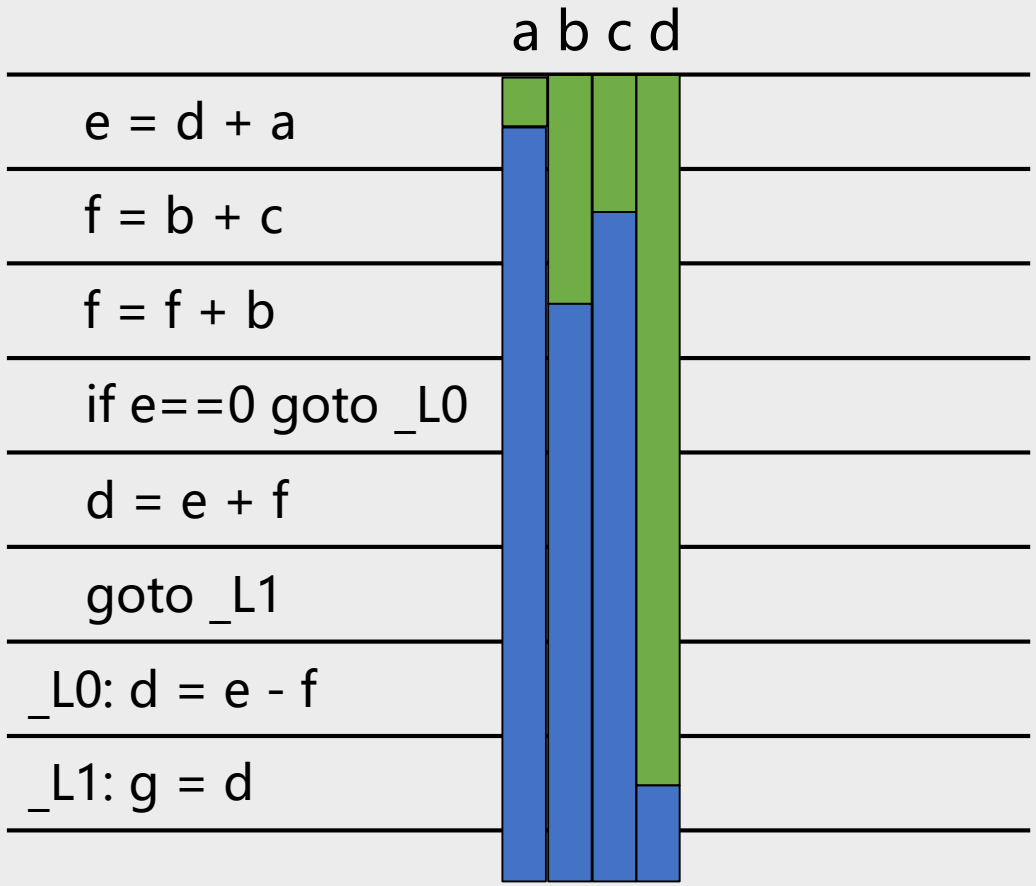


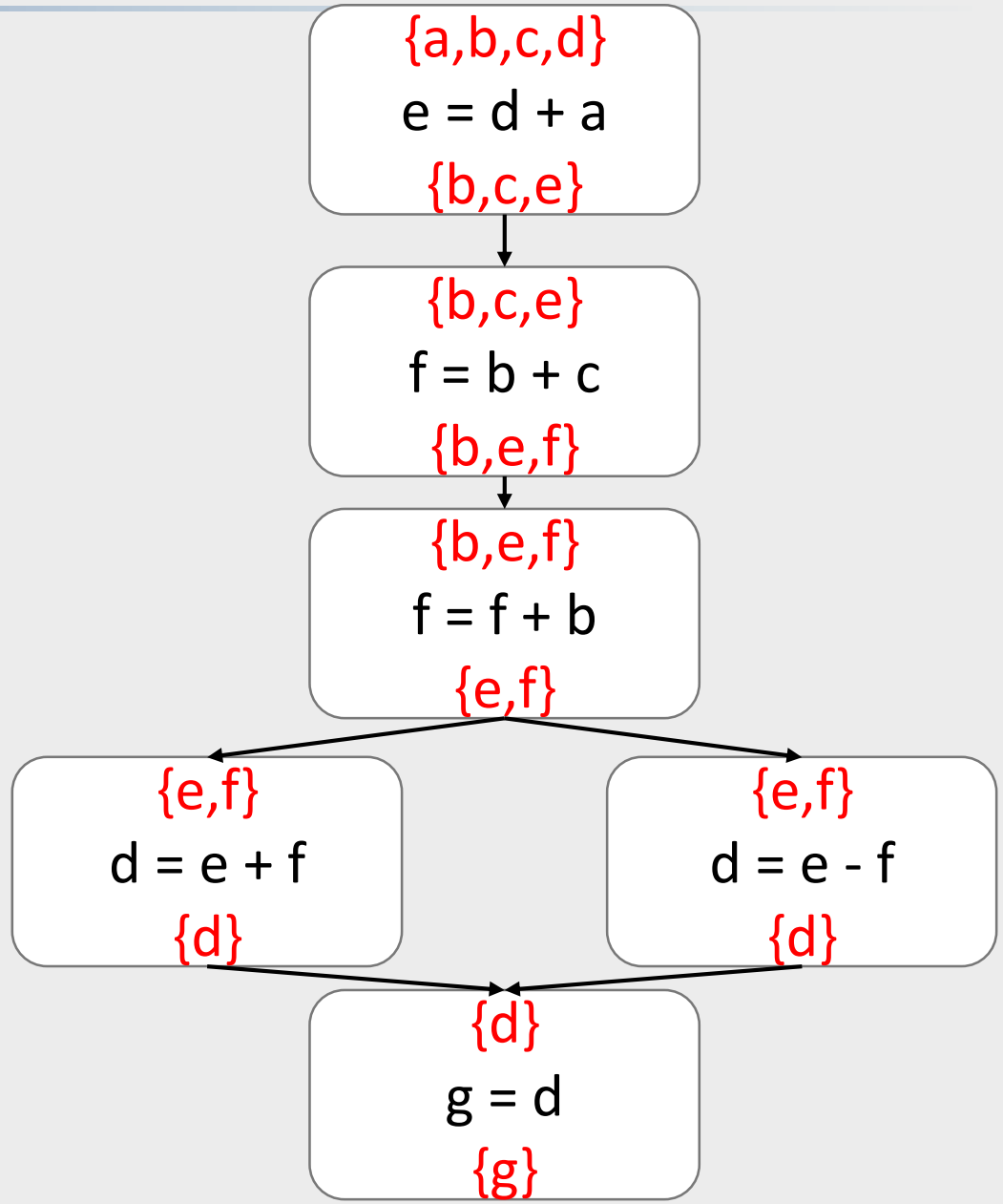
寄存器线性扫描分配——变量存活区间



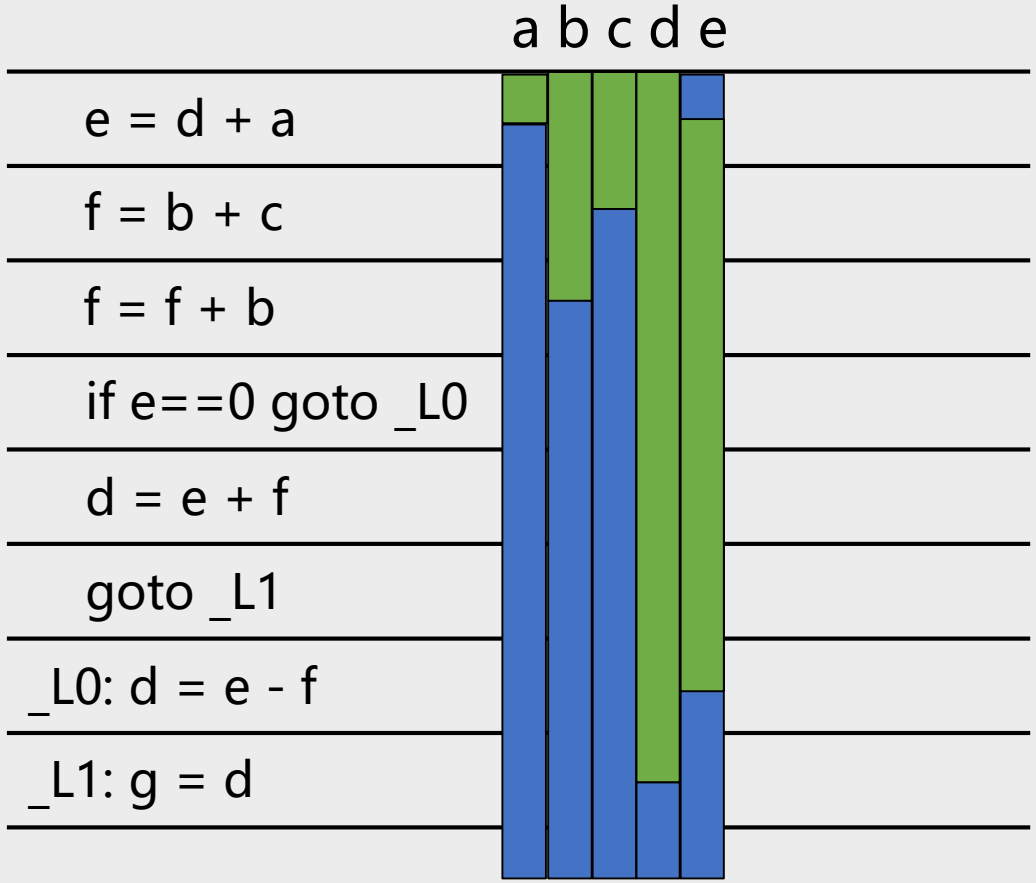


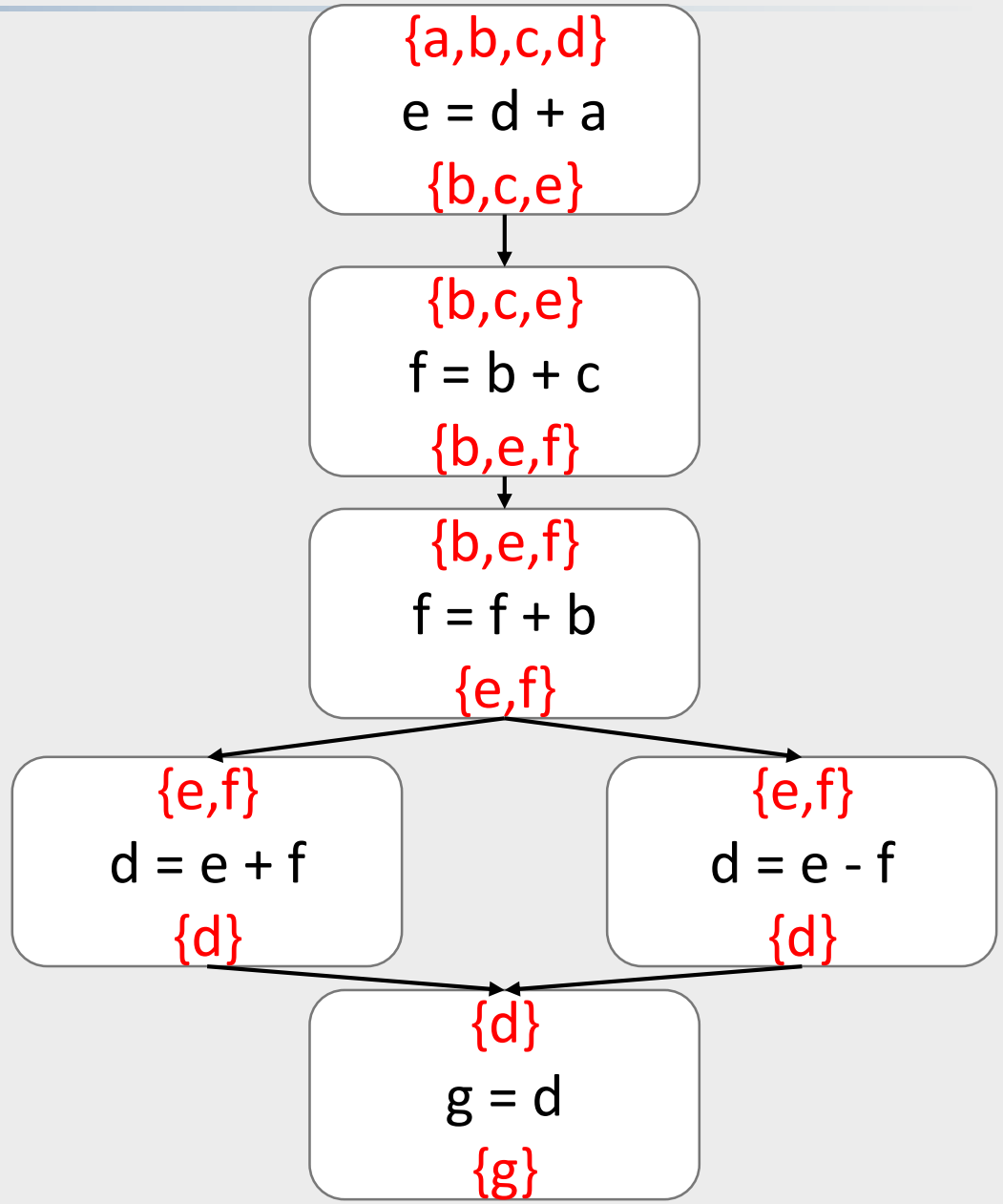
寄存器线性扫描分配——变量存活区间



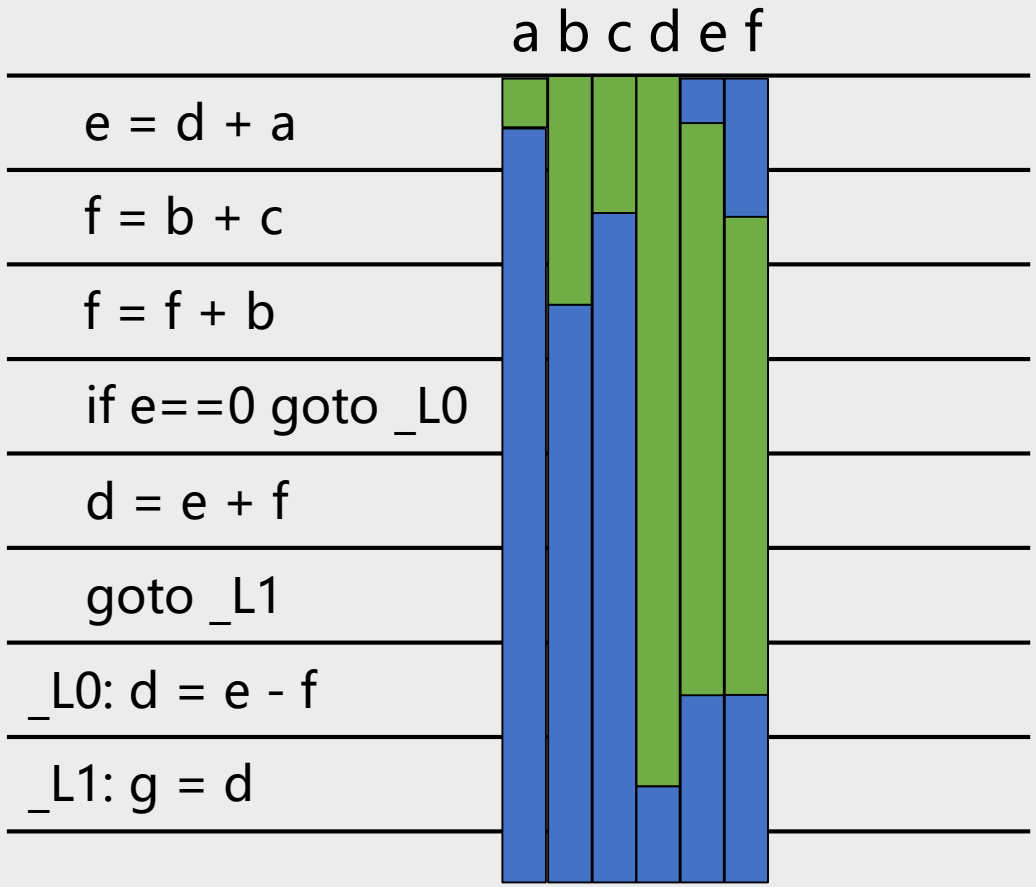


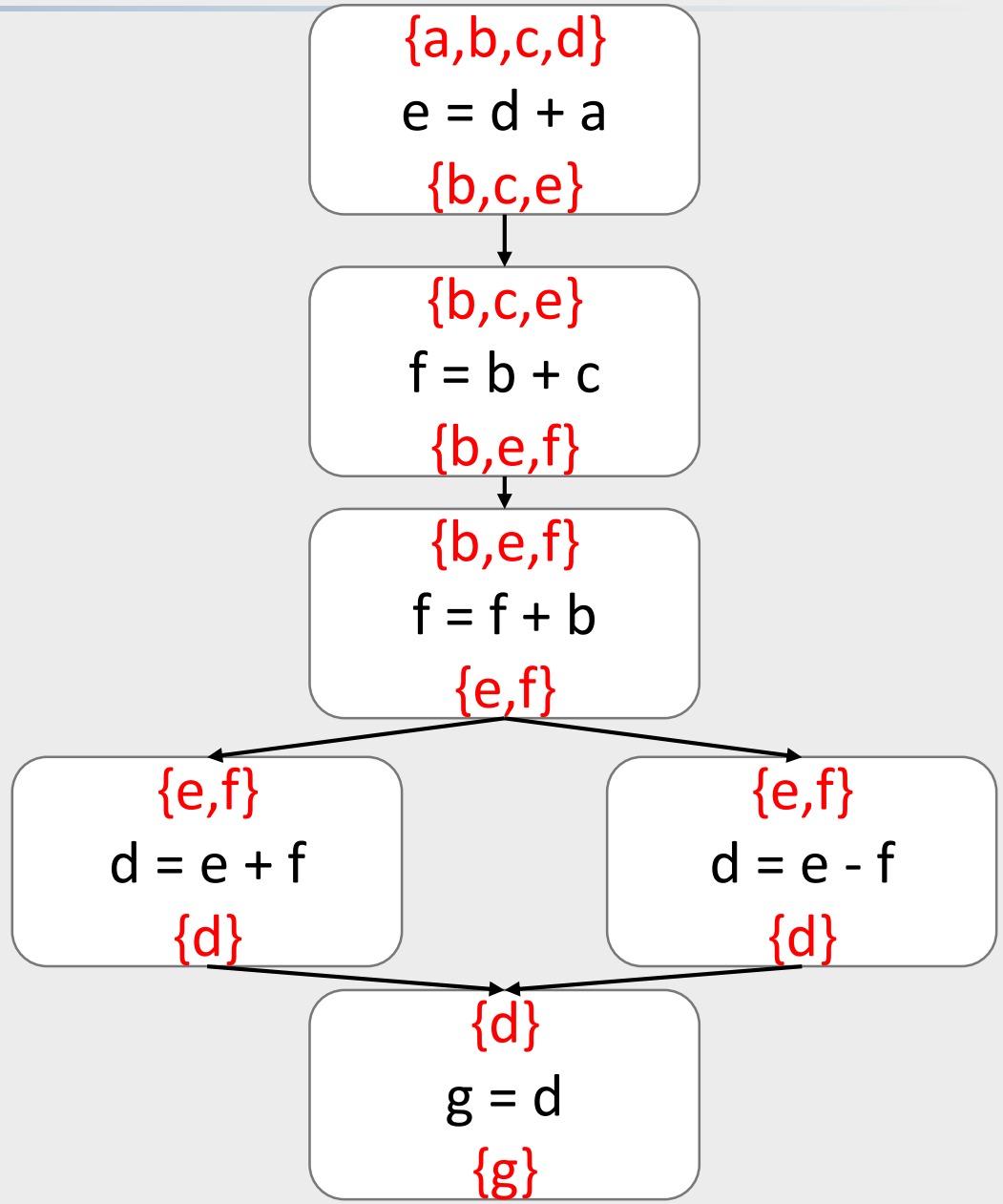
寄存器线性扫描分配——变量存活区间



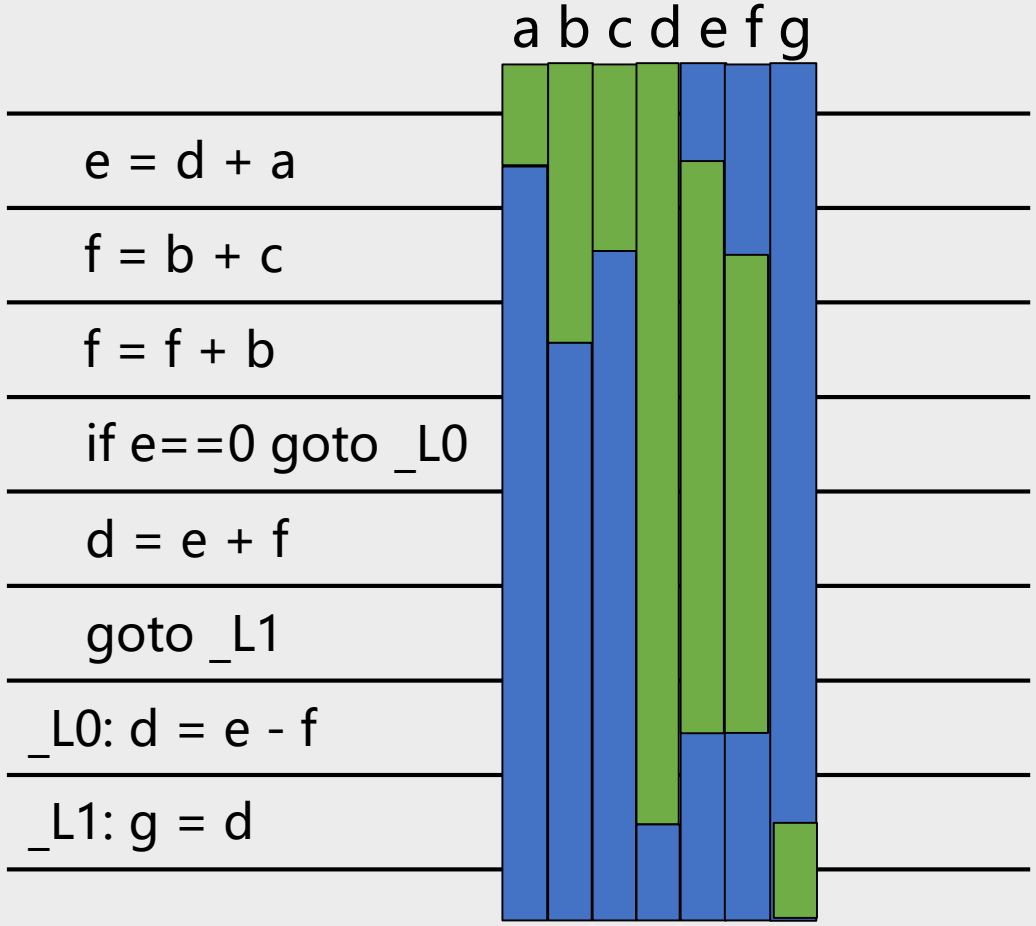


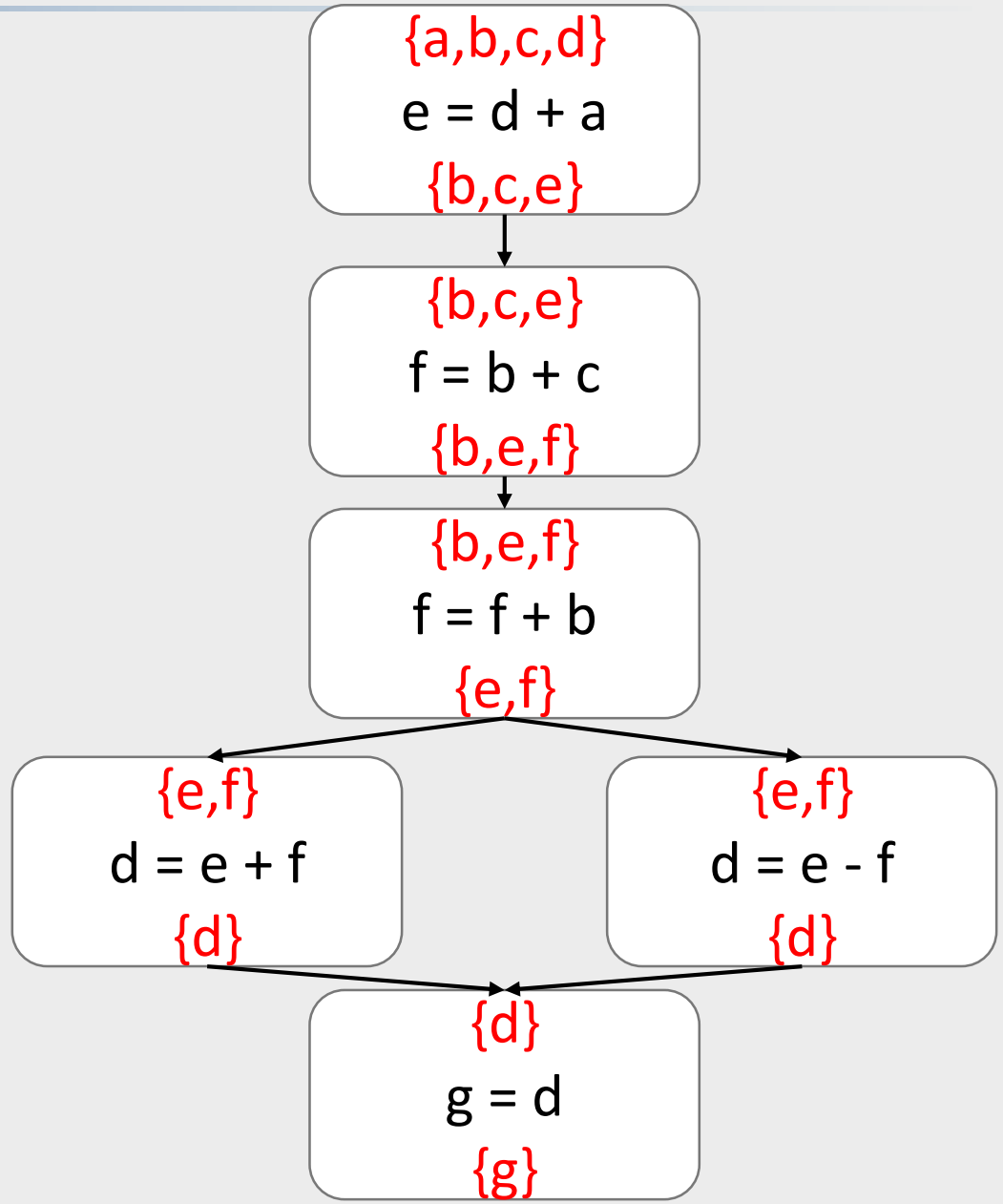
寄存器线性扫描分配——变量存活区间



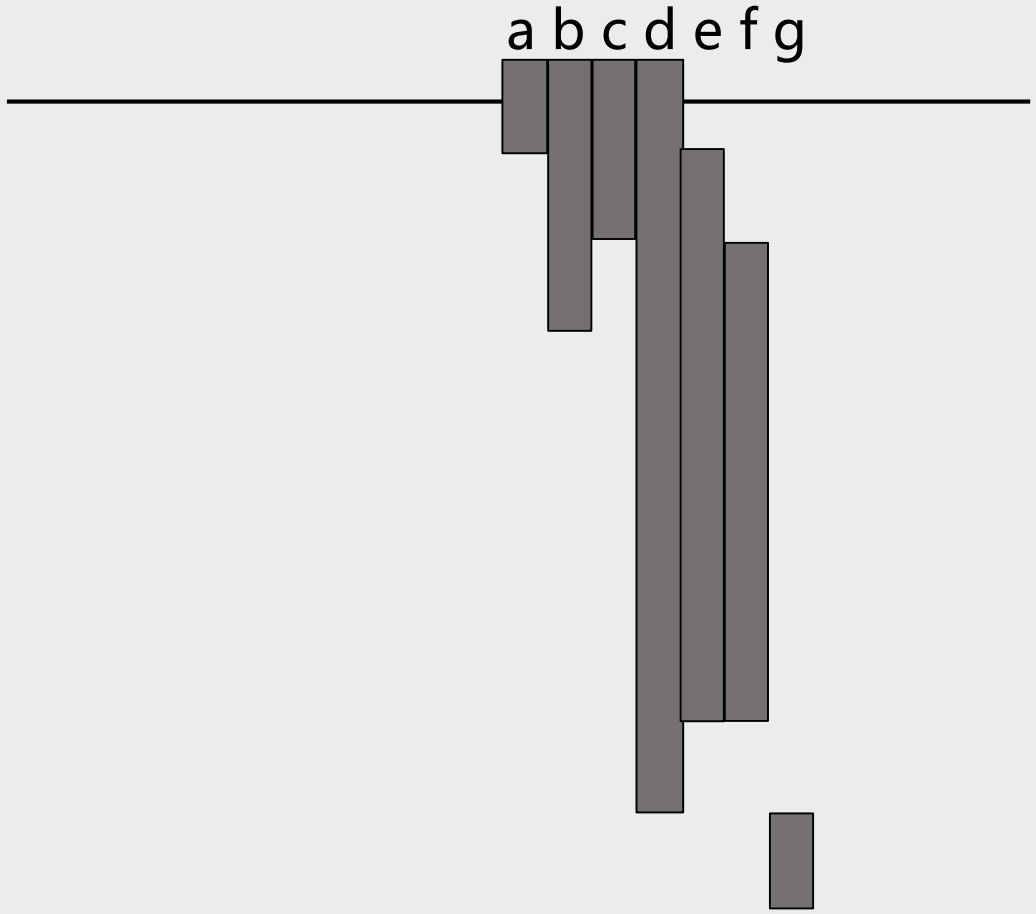


寄存器线性扫描分配——变量存活区间

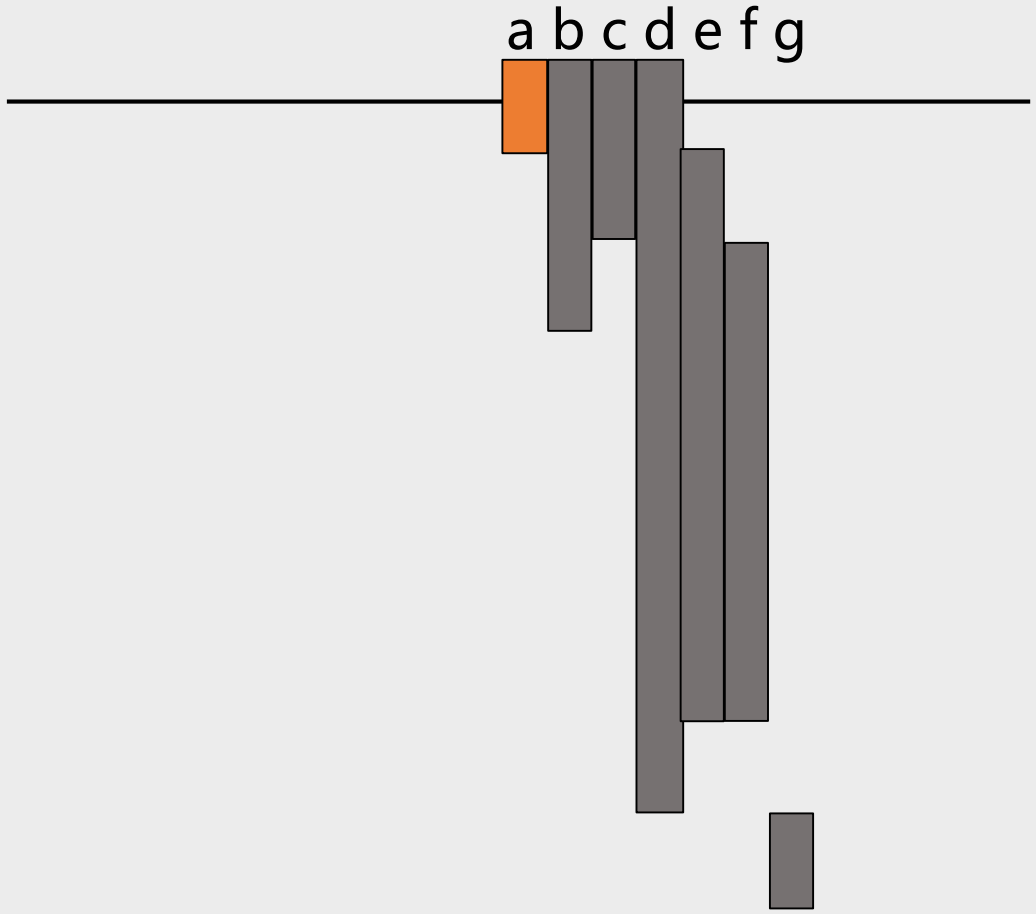




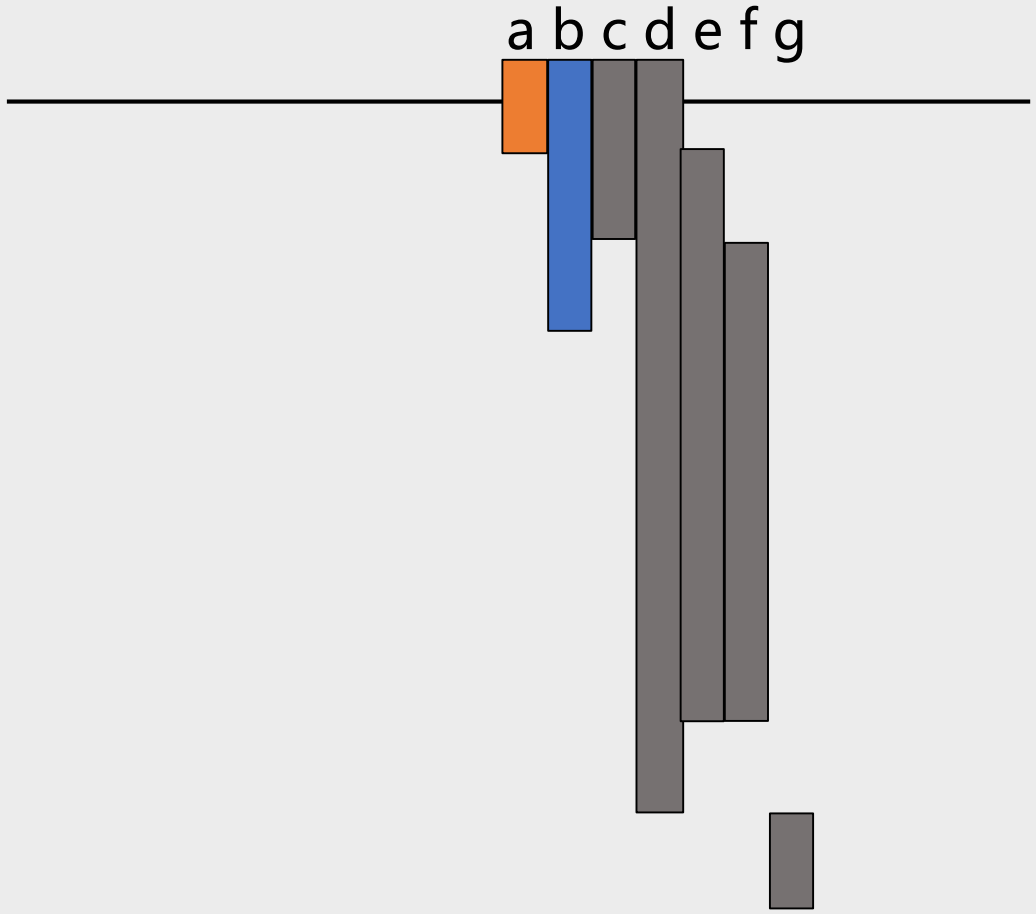
寄存器线性扫描——贪心分配策略



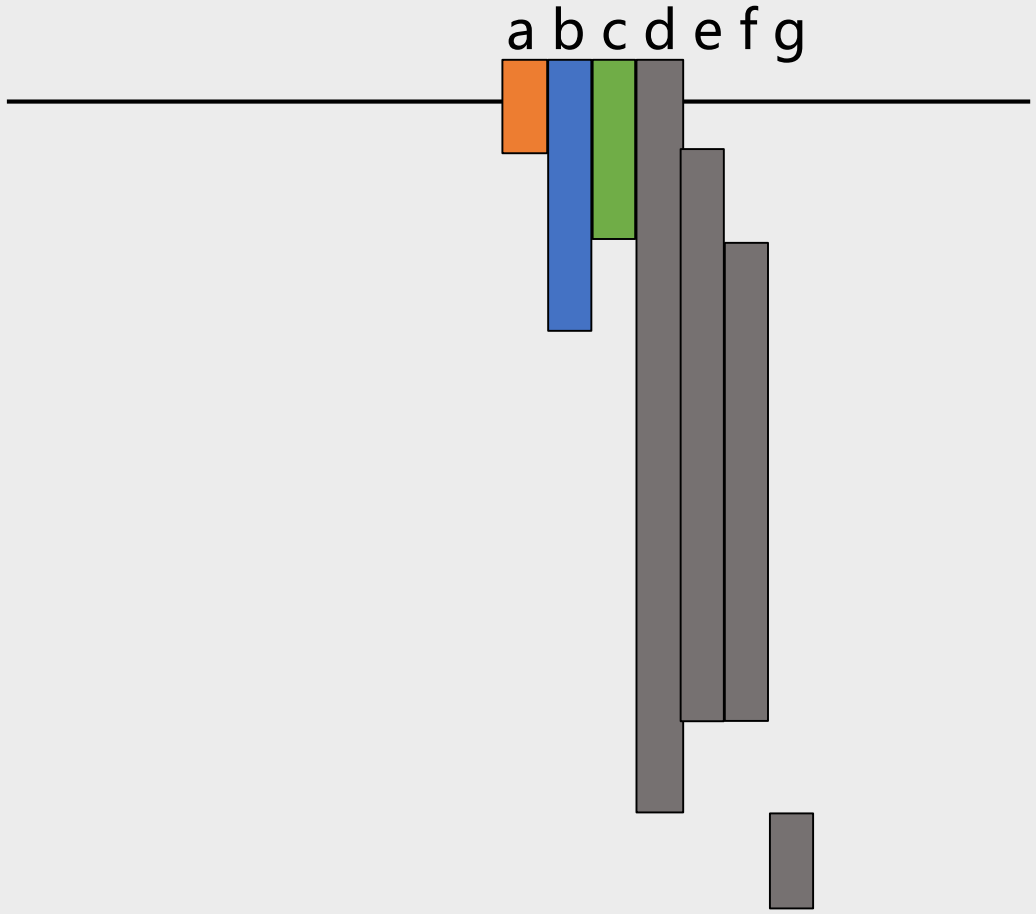
寄存器线性扫描——贪心分配策略



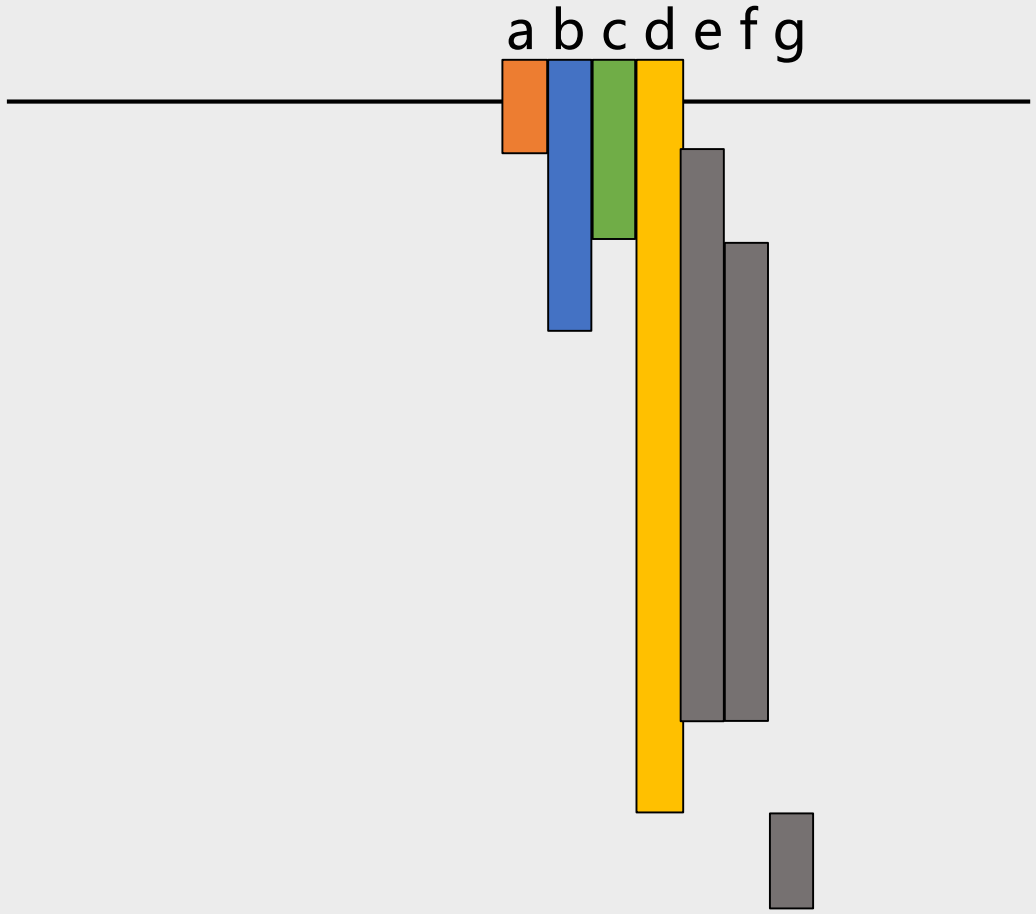
寄存器线性扫描——贪心分配策略



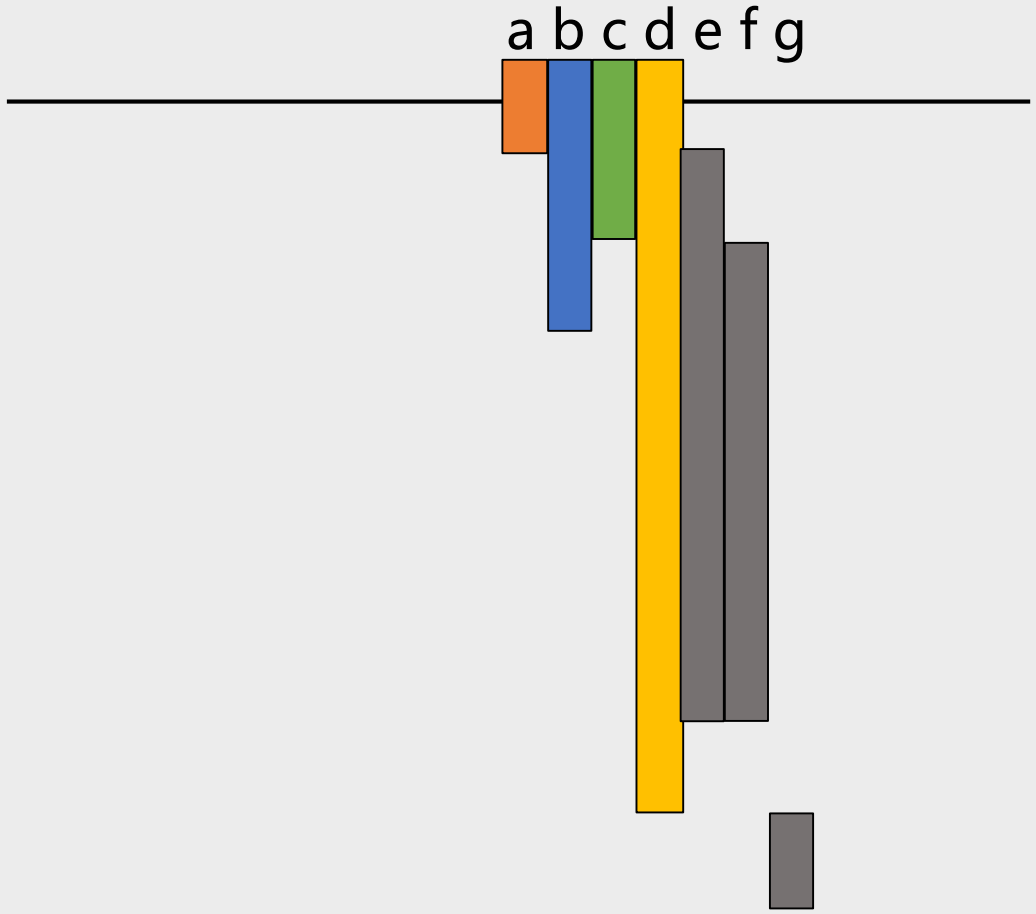
寄存器线性扫描——贪心分配策略



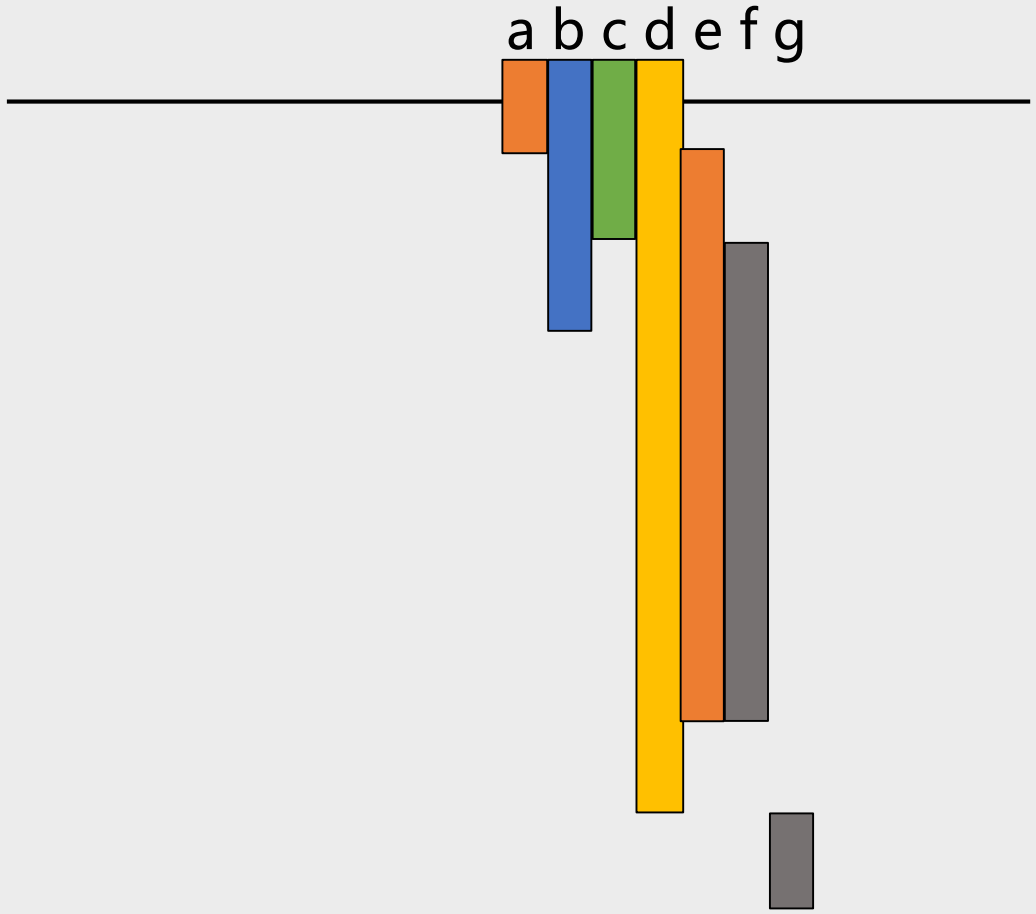
寄存器线性扫描——贪心分配策略



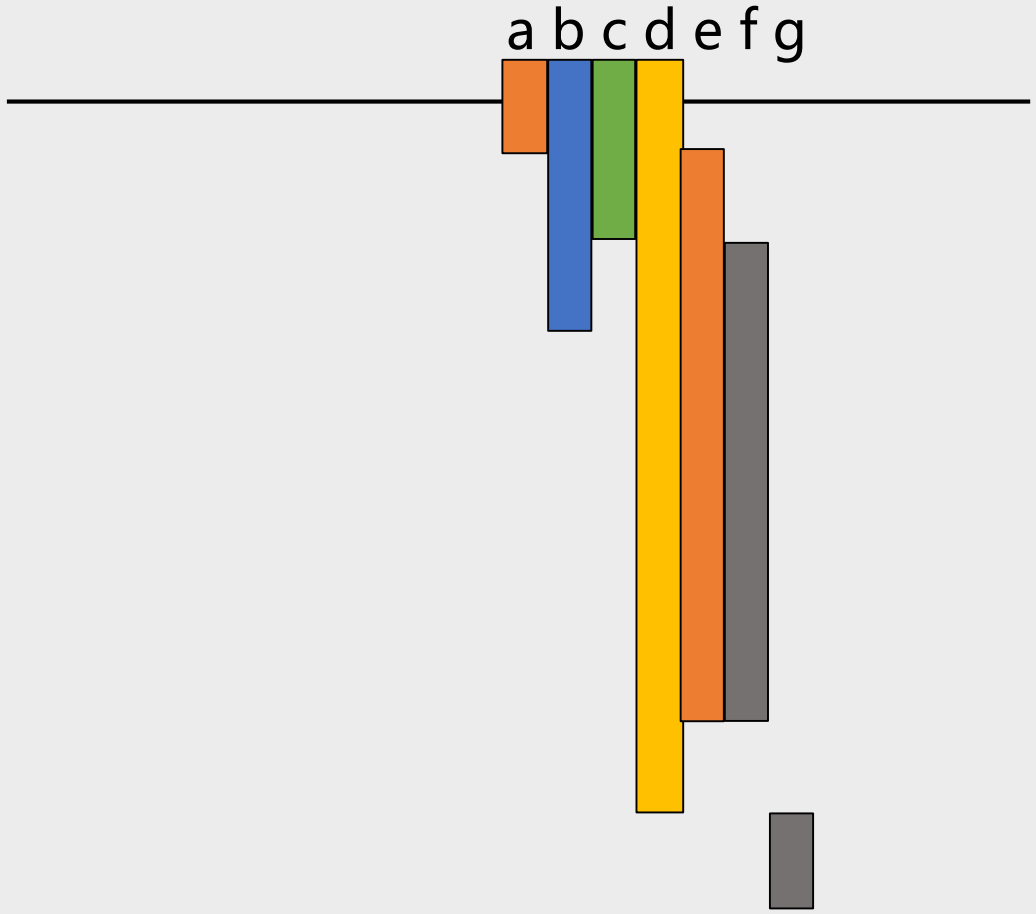
寄存器线性扫描——贪心分配策略



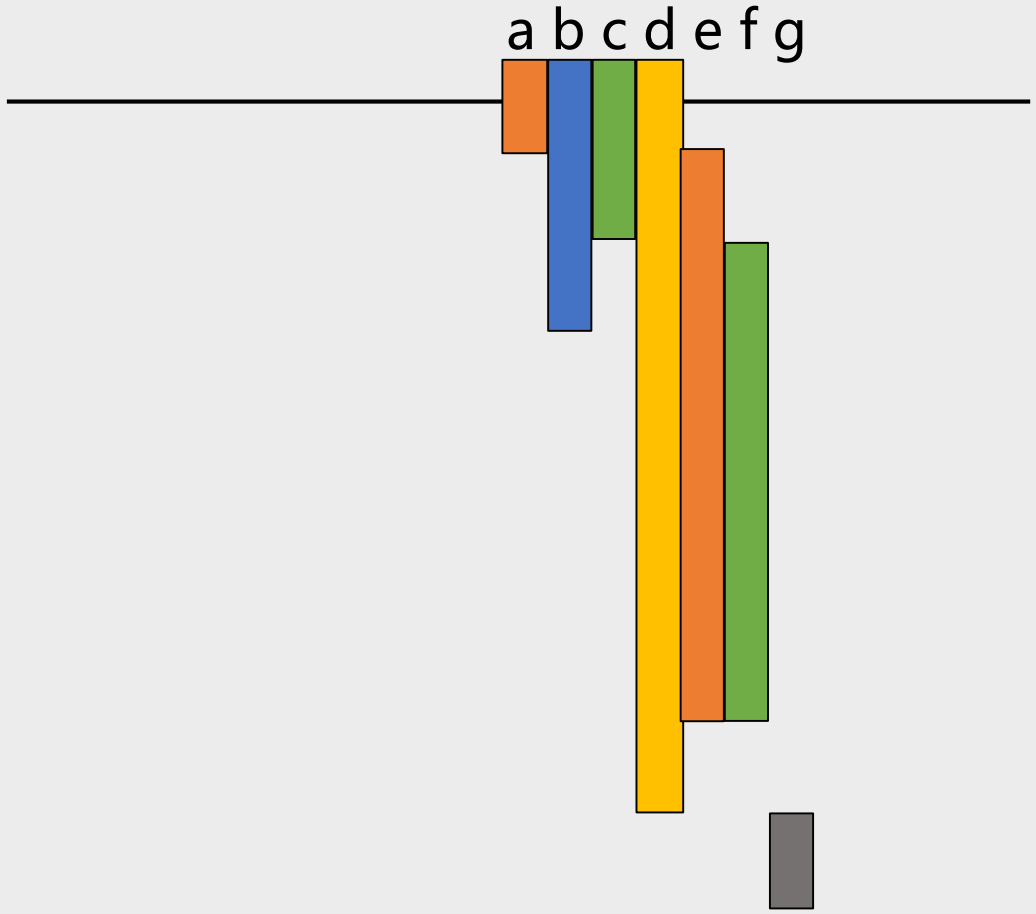
寄存器线性扫描——贪心分配策略



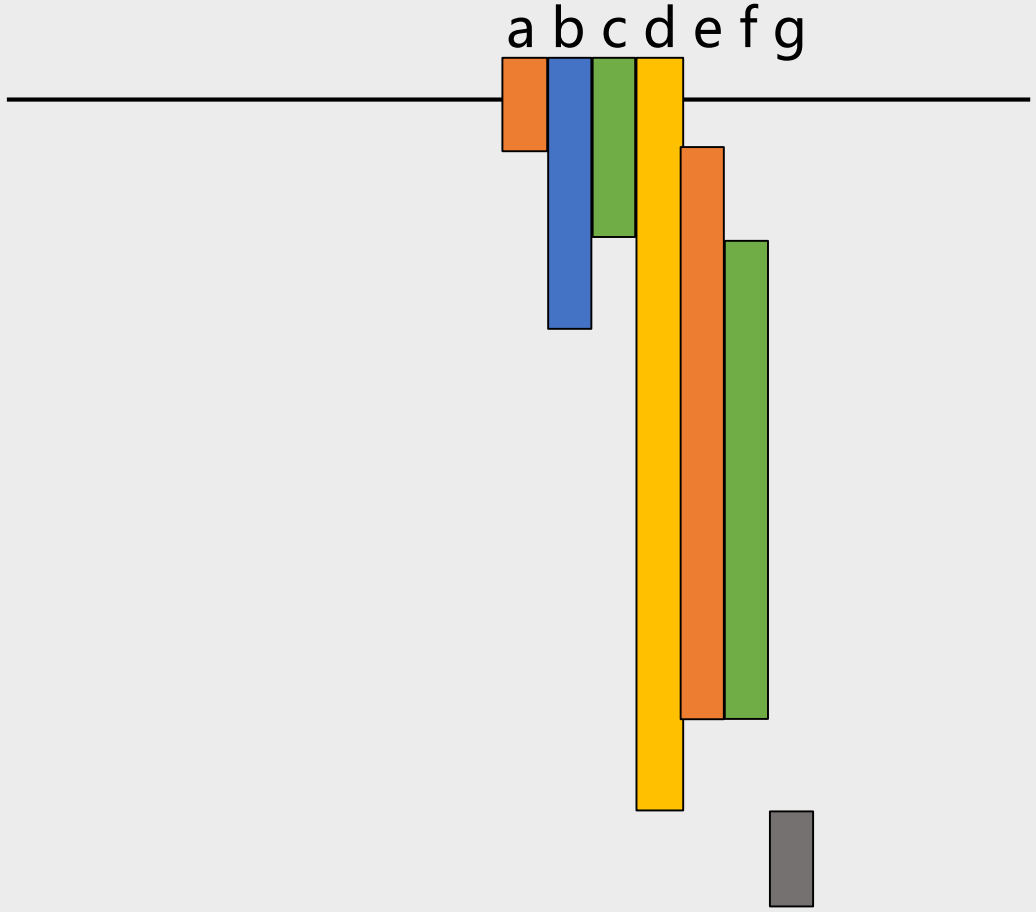
寄存器线性扫描——贪心分配策略



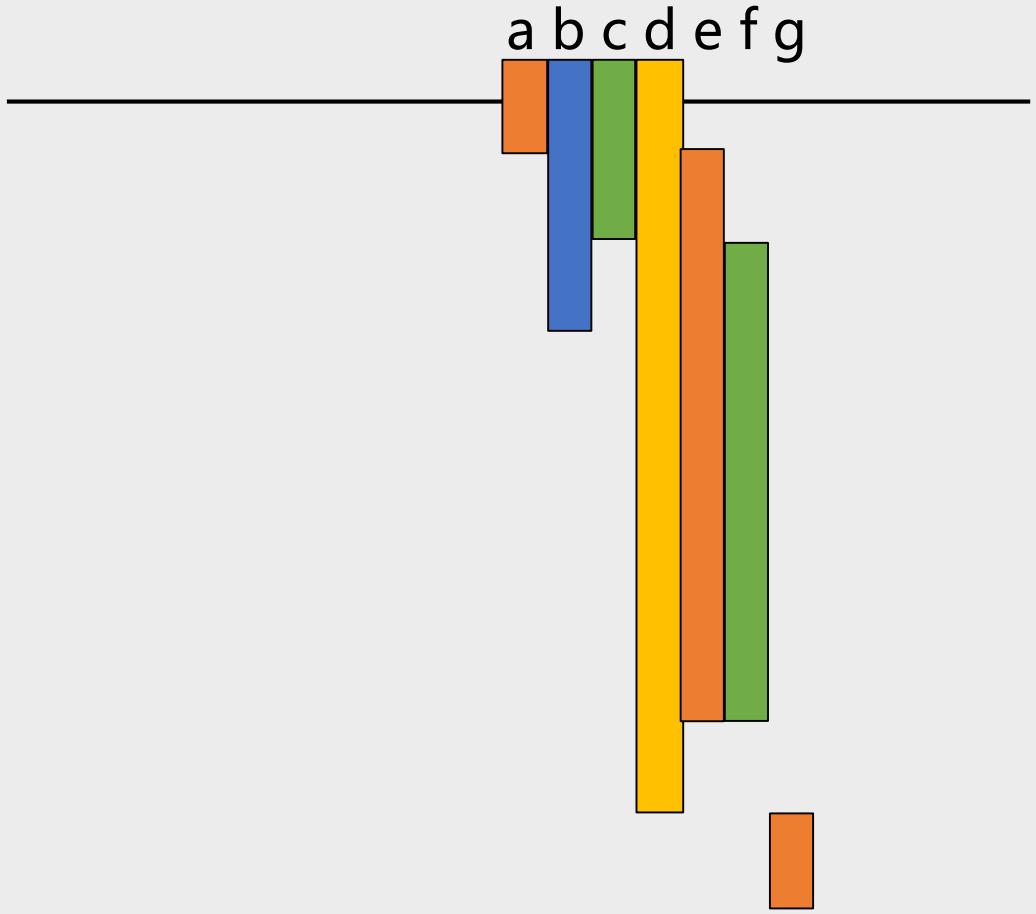
寄存器线性扫描——贪心分配策略



寄存器线性扫描——贪心分配策略



寄存器线性扫描——贪心分配策略



本节小结

- 寄存器是宝贵的计算机资源，需要合理利用和分配
- 寄存器分配主要有线性扫描和图着色两类算法
  - 前者比后者性能更好，应用更加广泛
- 线性扫描需要借助于变量存活区间的分析
  - 需要数据流分析的抽象

拓展与思考

- **问题：如何计算变量的活跃区间?**
  - 请预习数据流分析和活跃变量分析（第9章第9.2节）
- **延伸阅读:**
  - 线性扫描算法:
    - Linear Scan Register Allocation for the Java HotSpot™ Client Compiler
  - 图着色算法:
    - Register allocation & spilling via graph coloring

《编译原理和技术》

寄存器分配

谢谢！