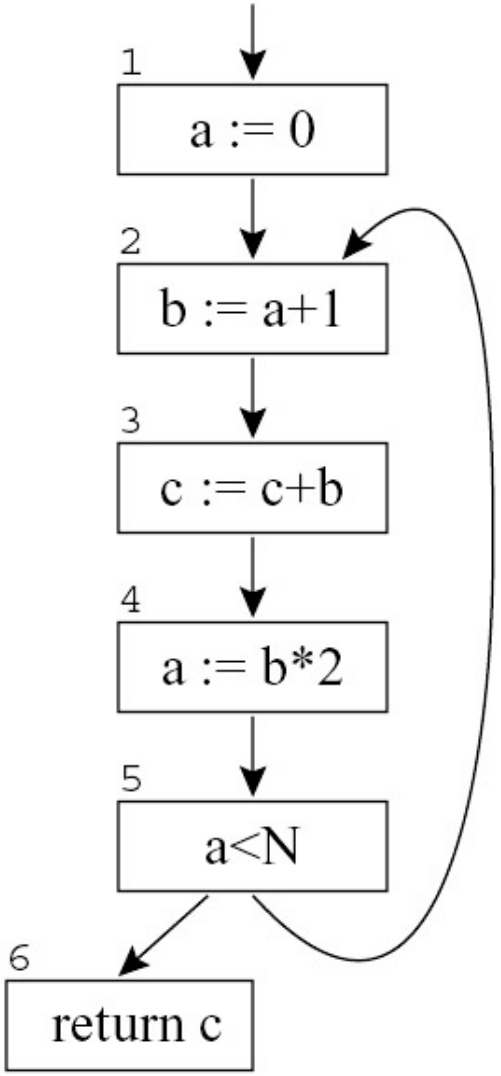
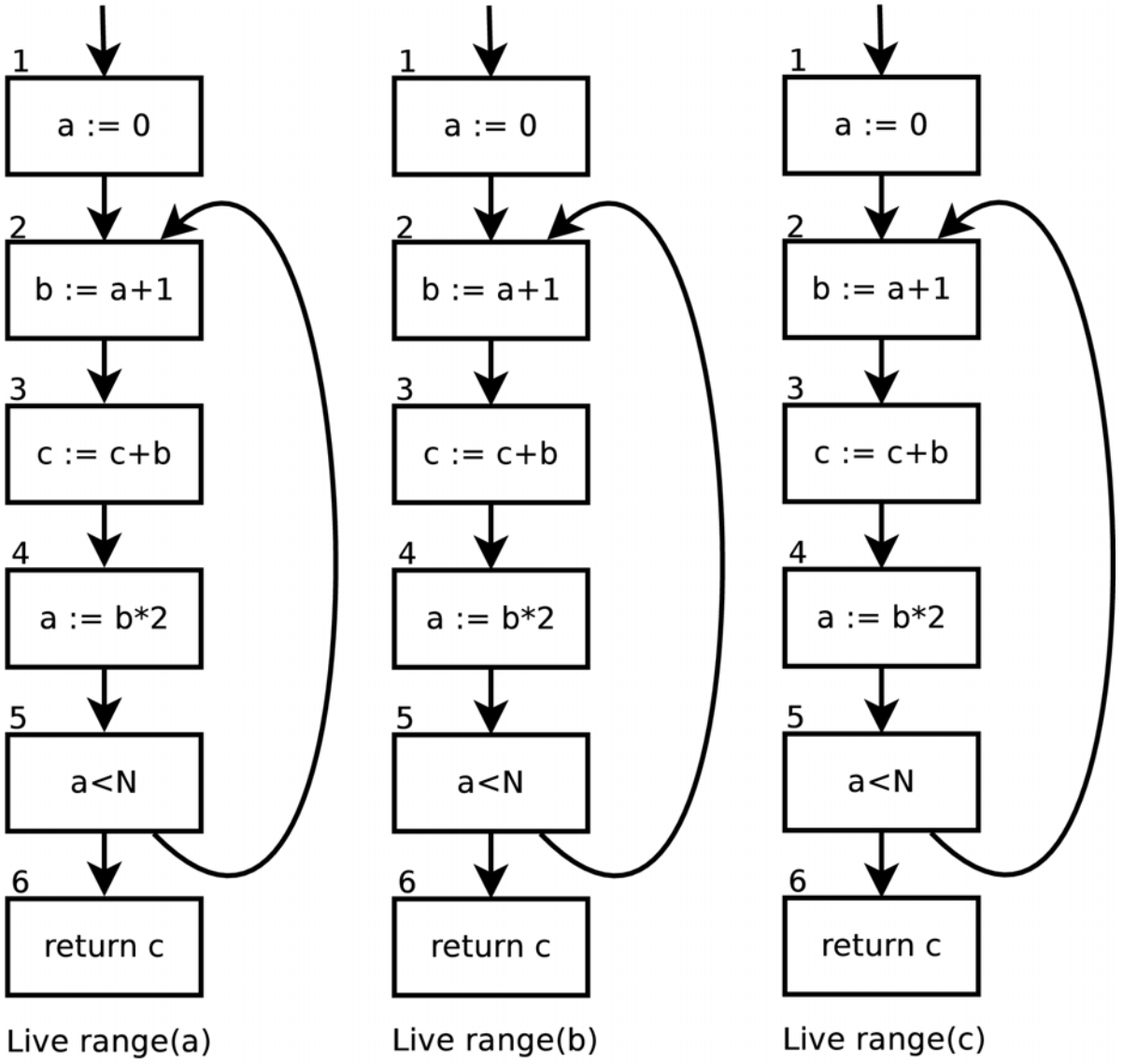
Live Range

Live range (longevidade) de ***a***, ***b***, ***c***:

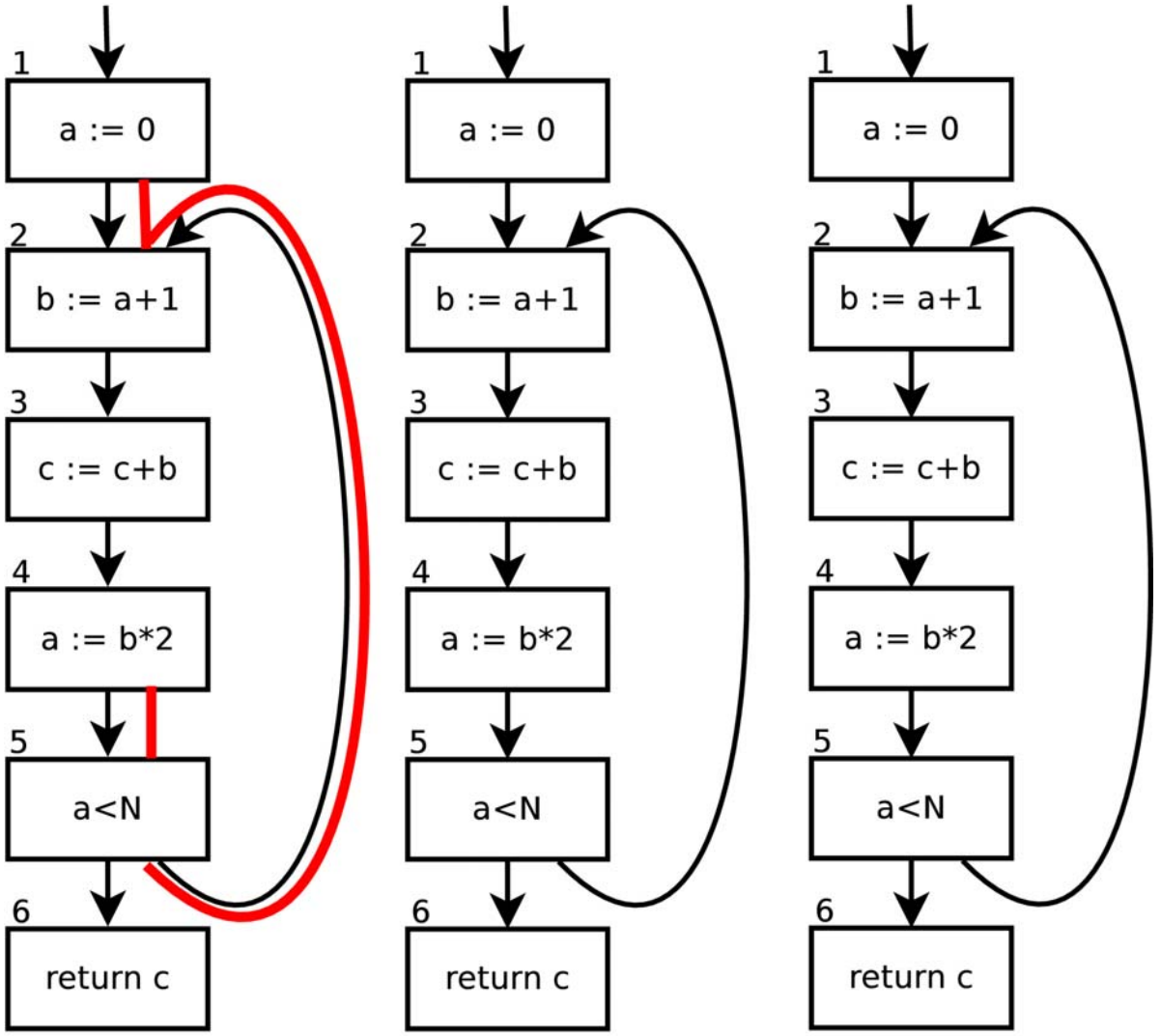
$$
\begin{aligned}
& a \leftarrow 0 \\
L_1 : \; & b \leftarrow a + 1 \\
& c \leftarrow c + b \\
& a \leftarrow b * 2 \\
& \text{if } a < N \text{ goto } L_1 \\
& \text{return } c
\end{aligned}
$$



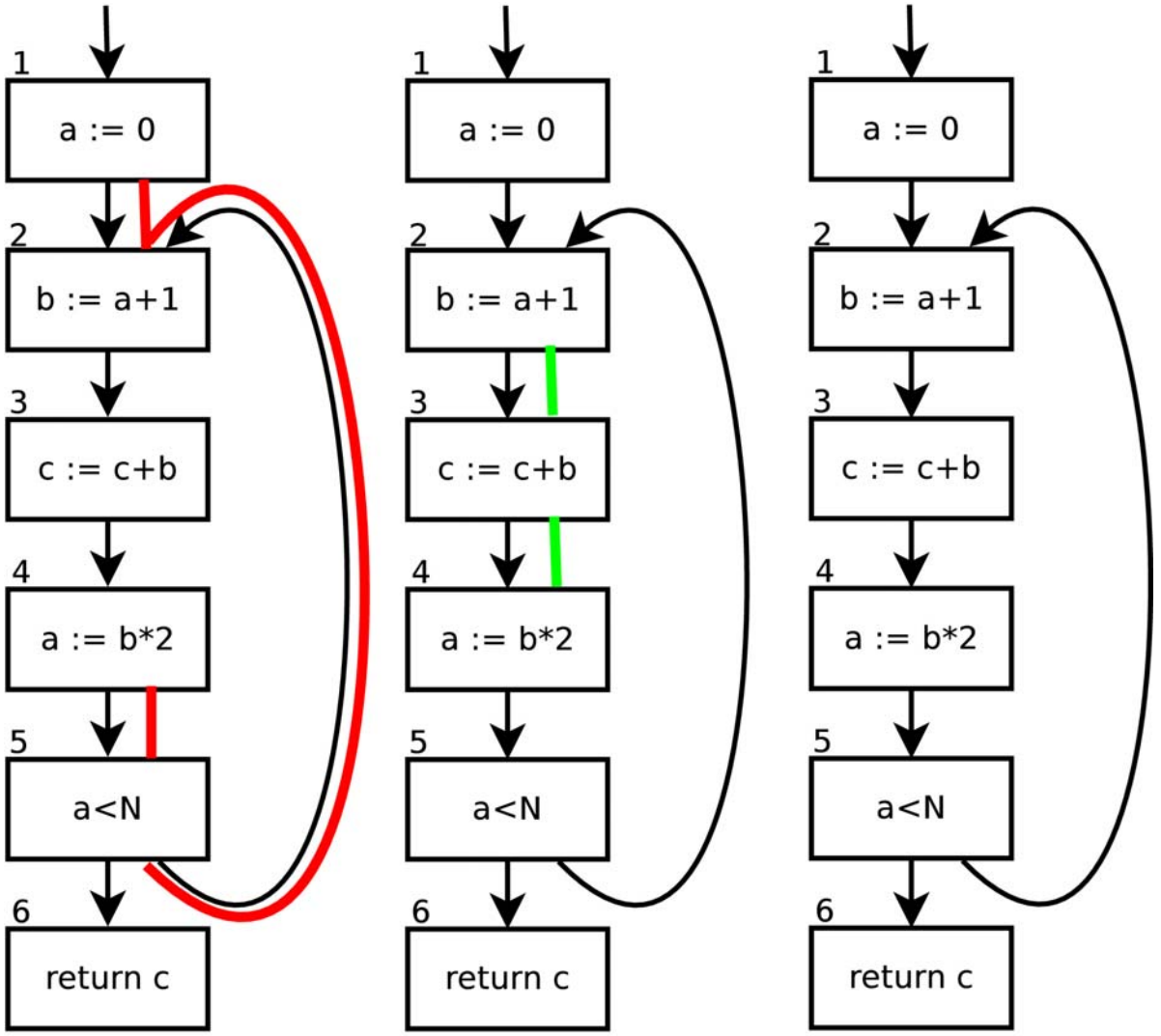
Live Range


1
a := 0
2
b := a+1
3
c := c+b
4
a := b*2
5
a<N
6
return c
Live range(a)
1
a := 0
2
b := a+1
3
c := c+b
4
a := b*2
5
a<N
6
return c
Live range(b)
1
a := 0
2
b := a+1
3
c := c+b
4
a := b*2
5
a<N
6
return c
Live range(c)

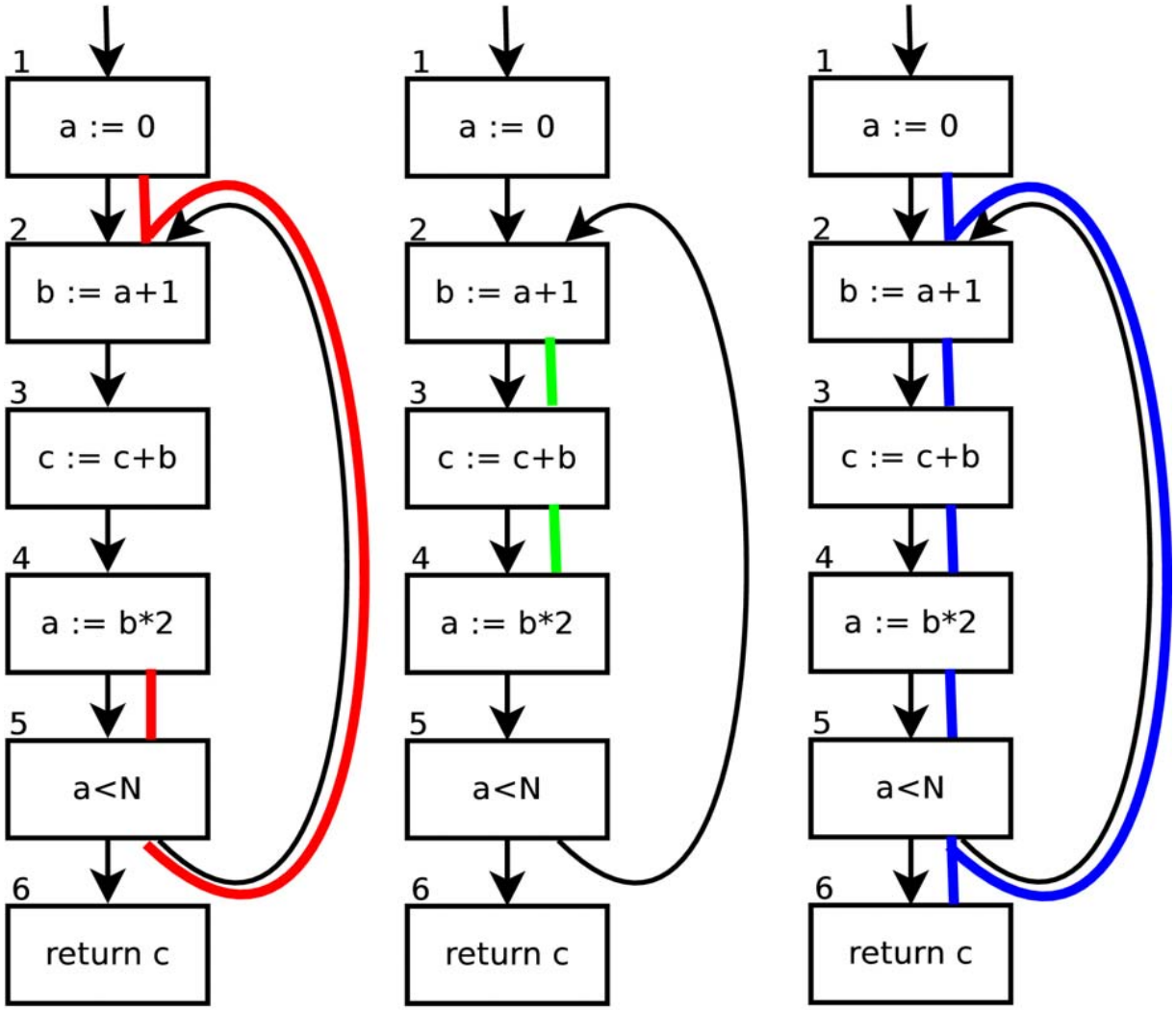
Live Range


1
a := 0
2
b := a+1
3
c := c+b
4
a := b*2
5
a<N
6
return c
Live range(a)
{1->2, 4->5->2}
1
a := 0
2
b := a+1
3
c := c+b
4
a := b*2
5
a<N
6
return c
Live range(b)
1
a := 0
2
b := a+1
3
c := c+b
4
a := b*2
5
a<N
6
return c
Live range(c)

Live Range

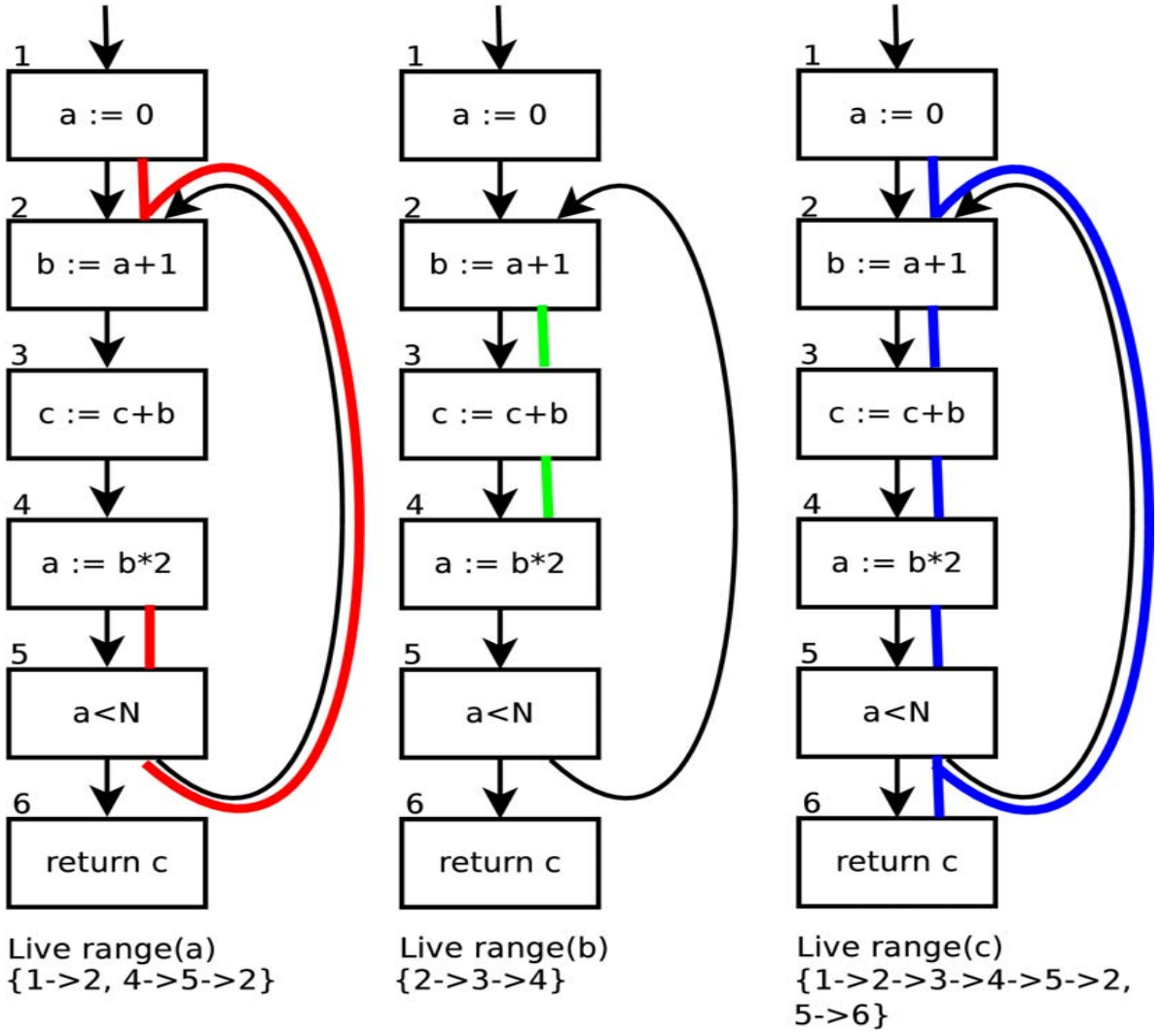

1
a := 0
2
b := a+1
3
c := c+b
4
a := b*2
5
a<N
6
return c
Live range(a)
{1->2, 4->5->2}
1
a := 0
2
b := a+1
3
c := c+b
4
a := b*2
5
a<N
6
return c
Live range(b)
{2->3->4}
1
a := 0
2
b := a+1
3
c := c+b
4
a := b*2
5
a<N
6
return c
Live range(c)

Live Range


1
a := 0
2
b := a+1
3
c := c+b
4
a := b*2
5
a<N
6
return c
Live range(a)
{1->2, 4->5->2}
1
a := 0
2
b := a+1
3
c := c+b
4
a := b*2
5
a<N
6
return c
Live range(b)
{2->3->4}
1
a := 0
2
b := a+1
3
c := c+b
4
a := b*2
5
a<N
6
return c
Live range(c)
{1->2->3->4->5->2,
5->6}

Liveness Analysis

- Quantos registradores são necessários ?



Análise de Fluxo de Dados: Liveness Analysis

Liveness Analysis

- **Linguagem intermediária**
  - Gerada pelo *front-end* considerando um número infinito de registradores para temporários
- **Máquinas reais têm finitos registradores**
  - Em máquinas RISC, 32 é um número típico
- **Dois valores temporários podem ocupar o mesmo registrador se não estão "em uso" ao mesmo tempo**
  - Muitos temporários podem caber em poucos registradores
  - Os que não couberem vão para a memória (spill)

Liveness Analysis

- O compilador analisa a RI para saber quais valores estão em uso ao mesmo tempo
- Denomina-se de *viva* uma variável que pode vir a ser usada no futuro
- Esta tarefa então, é conhecida como *liveness analysis (análise de longevidade)*

Liveness Analysis

- **Terminologia:**
  - def de uma variável é o conjunto de nós do grafo que a definem
  - def de um nó é o conjunto de variáveis que ele define
  - Analogamente para use

- **Longevidade:**
  - Uma variável **v** está viva em uma aresta se existe uma caminho direcionado desta aresta até um uso de **v**, que não passa por alguma definição de **v**
  - Live-in: **v** é *live-in* em um nó **n** se **v** está viva em alguma *in-edge* de **n**
  - Live-out: **v** é *live-out* em **n** se **v** está viva em alguma *out-edge* de **n**

Liveness Analysis: def e use

```
def[B] = vazio
use[B] = vazio

para cada instrução i no Bloco Básico B, começando na
     última e indo até a primeira faça:

    use[B] = use[B] – variáveis definidas em i
    use[B] = use[B] U variáveis usadas em i

    def[B] = def[B] – variáveis usadas em i
    def[B] = def[B] U variáveis definidas em i

fim para
```

Liveness Analysis: in e out

- def[B]:
  - Conjunto de variáveis atribuídas em B antes de qualquer uso em B
- use[B]:
  - Conjunto de variáveis que podem ser usadas em B antes de serem definidas
- Equações:

$$out[B] = \bigcup_{S \in Succ(B)} in[S]$$

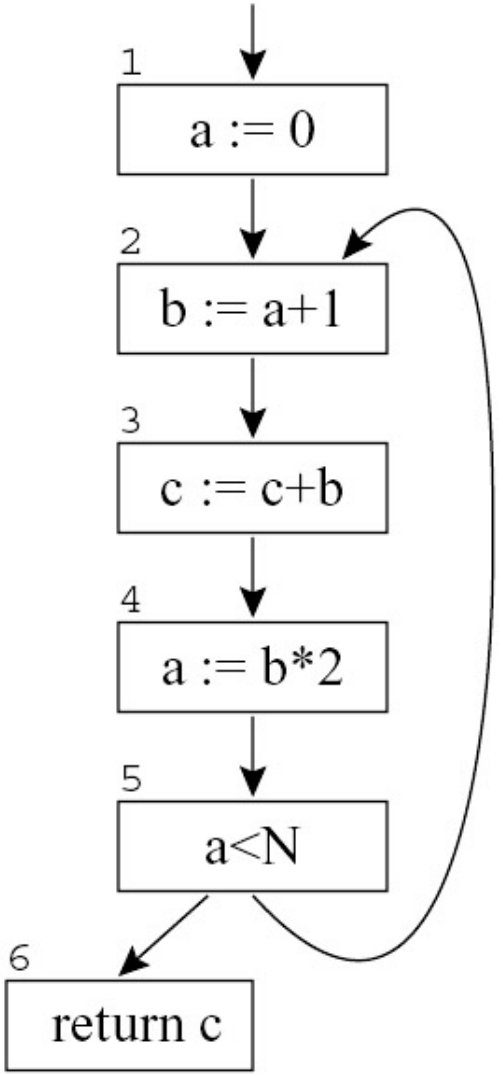
$$in[B] = use[B] \cup (out[B] - def[B])$$

Liveness Analysis: Algoritmo

```
for each n
    in[n] := {}
    out[n] := {}
repeat
   for each n
      in'[n] ← in[n]
      out'[n] ← out[n]
      out[n] ← U_{s∈succ[n]} in[s]
      in[n] ← use[n] U (out[n] - def[n])
until in'[n] = in[n]
      and
      out'[n] = out[n]
      for all n
```

Liveness Analysis

$$
\begin{aligned}
& a \leftarrow 0 \\
L_1 : \; & b \leftarrow a + 1 \\
& c \leftarrow c + b \\
& a \leftarrow b * 2 \\
& \text{if } a < N \text{ goto } L_1 \\
& \text{return } c
\end{aligned}
$$



			1st		2nd		3rd	
	use	*def*	*out*	*in*	*out*	*in*	*out*	*in*
6	c			c		c		c
5	a		c	ac	ac	ac	ac	ac
4	b	a	ac	bc	ac	bc	ac	bc
3	bc	c	bc	bc	bc	bc	bc	bc
2	a	b	bc	ac	bc	ac	bc	ac
1		a	ac	c	ac	c	ac	c

Liveness calculation following reverse control-flow edges