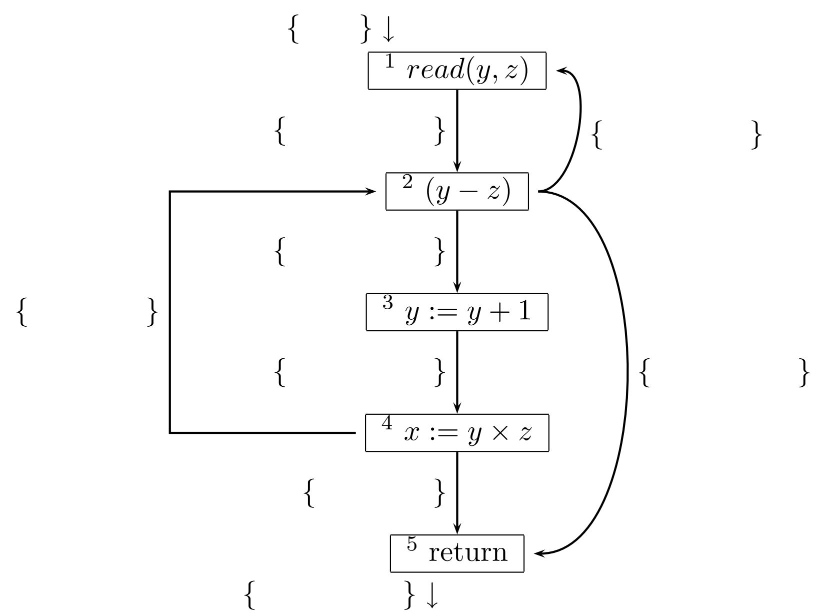
Un sottoprogramma, avente x come parametro di ingresso, è modellato dal grafo di controllo seguente:



L'istruzione 2 è condizionale a tre vie.

1. Scrivere le equazioni di flusso per calcolare le *definizioni raggiungenti* ogni punto del programma.
2. Calcolare la soluzione e scrivere gli insiemi nella figura precedente.
3. (facoltativa) L'istruzione 2 sia il test a tre vie

   $$\text{if } y - z > 0 \text{ go to } 3 \text{ else if } y - z = 0 \text{ go to } 5 \text{ else if } y - z < 0 \text{ go to } 1$$

   Si supponga inoltre che i valori di y e di z letti dalla 1 siano sempre interi positivi. Si calcolino con esattezza le definizioni raggiungenti l'uscita del nodo 5.

Soluzione

1. Dall'esterno entra nel nodo 1 la definizione della variabile x passata come parametro, indicata come $x_?$.
   Prima di scrivere le equazioni di flusso, si elencano i termini costanti:

nodo		*def*	*sop*
1	$read(y, z)$	y_1, z_1	y_3
2	$y - z$	$\emptyset$	$\emptyset$
3	$y := y + x$	y_3	y_1
4	$x := y \times z$	x_4	$x_?$
5	return	$\emptyset$	$\emptyset$

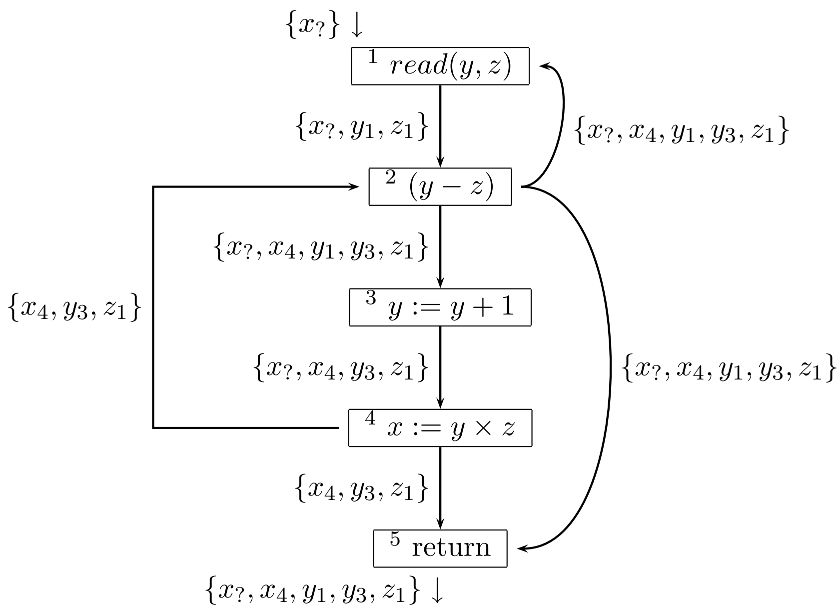
   Seguono le equazioni di flusso:

$$
\begin{aligned}
in(1) &= \{x_?\} \cup out(2) \\
out(1) &= \{y_1, z_1\} \cup (in(1) \setminus \{y_3\}) \\
in(2) &= out(1) \cup out(4) \\
out(2) &= \emptyset \cup (in(2) \setminus \emptyset) = in(2) \\
in(3) &= out(2) \\
out(3) &= \{y_3\} \cup (in(3) \setminus \{y_1\}) \\
in(4) &= out(3) \\
out(4) &= \{x_4\} \cup (in(4) \setminus \{x_?\}) \\
in(5) &= out(4) \cup out(2) \\
out(5) &= \emptyset \cup (in(5) \setminus \emptyset) = in(5)
\end{aligned}
$$

2. Partendo dalla approssimazione iniziale $in(1) = \{x_?\}$ e $\forall j : in(j) = out(j)$, si ottengono gli insiemi sotto riportati:

	$in = out$	in	out	in	out
1	$in = \{x_?\}, out = \emptyset$	$x_?$	$x_?y_1z_1$	$x_?y_1z_1$	$x_?y_1z_1$
2	$\emptyset$	$x_?y_1z_1$	$\leftarrow\ x_?y_1z_1$	$x_?x_4y_1y_3z_1$	$\leftarrow\ x_?x_4y_1y_3z_1$
3	$\emptyset$	$x_?y_1z_1 \nearrow$	$x_?y_1z_1$	$x_?x_4y_1y_3z_1 \nearrow$	$x_?x_4y_3z_1$
4	$\emptyset$	$x_?y_3z_1 \nearrow$	$x_4y_3z_1$	$x_?x_4y_3z_1 \nearrow$	$x_4y_3z_1$
5	$\emptyset$	$x_?y_1y_3z_1$	$\leftarrow\ x_?y_1y_3z_1$	$x_?x_4y_1y_3z_1$	$\leftarrow\ x_?x_4y_1y_3z_1$

   Le frecce puntano a un insieme da ricopiare identicamente.
   Al primo punto fisso dell'iterazione si raggiunge la convergenza con la soluzione (insiemi *out*) riportata nella figura:



3. Poiché si entra in 3 se, e solo se $y > z$, e la 3 incrementa y, una volta entrati nel ciclo 2342 non se ne esce più. Di conseguenza il passaggio da 4 a 5 non è mai eseguito. I calcoli realmente eseguibili sono:

$$125, 12125, (12)^+5$$

Lungo tali calcoli le definizioni raggiungenti l'uscita di 5 sono $\{x_?, y_1, z_1\}$.