

ASSIGNMENT DATAFLOW ANALYSIS

Very Busy Expression	
Domain	Insieme di espressioni
Direction	Backwards: $out[B] = \bigwedge in[succ(b)]$ $in[B] = f_b(out[b])$
Transfer function	$f_b = Gen_b \cup (x - Kill_b)$
Meet Operation	Intersezione \cap
Boundary Condition	$In[exit] = \emptyset$
Initial interior points	$In[B] = \cup (Universal\ set)$

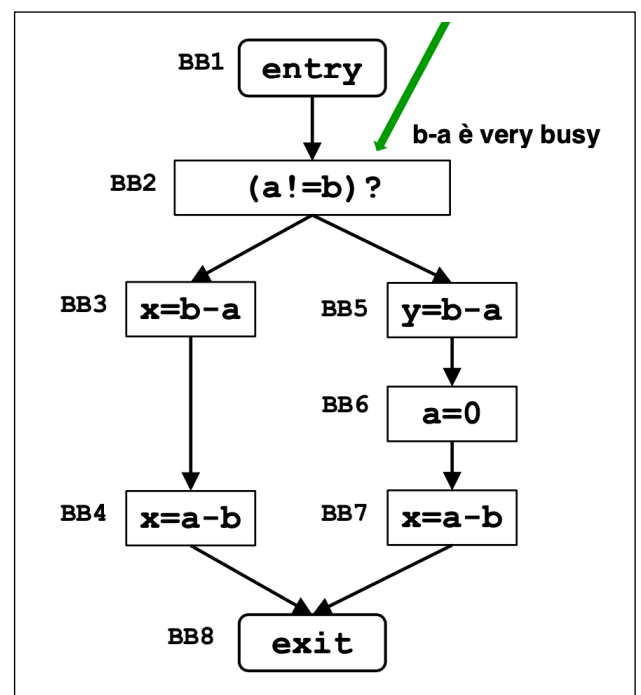
Visto che stiamo ricercando delle espressioni, il nostro dominio sarà l'insieme di istruzioni. Eseguiamo un'analisi "backwards", dato l'obiettivo di determinare quali espressioni devono essere calcolate prima che un loro operando di interesse venga ridefinito influenzando il risultato.

Kill(B) = { X op Y | Espressioni i cui operandi sono ri-definiti all'interno del BB }

Gen(B) = { x op Y | Se X op Y viene utilizzato prima di qualsiasi definizione di X o Y }

Dominio = { $a - b, b - a$ }

	<i>Gen</i>	<i>Kill</i>
BB1	\emptyset	\emptyset
BB2	\emptyset	\emptyset
BB3	$b - a$	\emptyset
BB4	$a - b$	\emptyset
BB5	$b - a$	\emptyset
BB6	\emptyset	$b - a$
BB7	$a - b$	\emptyset
BB8	\emptyset	\emptyset



	ITER 1		ITER 2	
	IN	OUT	IN	OUT
BB1	$Gen_{B1} \cup (Out[B1] - kill)$ $\emptyset \cup [(b - a, a - b) - \emptyset]$ $= b - a, a - b$	IN (BB2) = $b - a, a - b$	$\emptyset \cup [(b - a, a - b) - \emptyset]$ $= b - a, a - b$	IN (BB2) = $b - a, a - b$
BB2	$Gen_{B2} \cup (Out[B2] - kill)$ $\emptyset \cup [(b - a, a - b) - \emptyset]$ $= b - a, a - b$	IN (BB3) \cap IN (BB5) = $b - a, a - b$	$\emptyset \cup [(b - a, a - b) - \emptyset]$ $= b - a, a - b$	IN (BB3) \cap IN (BB5) = $b - a, a - b$
BB3	$Gen_{B3} \cup (Out[B3] - kill)$ $b - a \cup [(a - b) - \emptyset] =$ $b - a, a - b$	IN (BB4) = $a - b$	$b - a \cup [(a - b) - \emptyset] =$ $b - a, a - b$	IN (BB4) = $a - b$
BB4	$Gen_{B4} \cup (Out[B4] - kill)$ $a - b \cup \emptyset = a - b$	IN (BB8) = \emptyset	$a - b \cup \emptyset = a - b$	IN (BB8) = \emptyset
BB5	$Gen_{B5} \cup (Out[B5] - kill)$ $b - a \cup [(a - b) - \emptyset] =$ $b - a, a - b$	IN (BB6) = $a - b$	$b - a \cup [(a - b) - \emptyset] =$ $b - a, a - b$	IN (BB6) = $a - b$
BB6	$Gen_{B6} \cup (Out[B6] - kill)$ $\emptyset \cup [(a - b) - (b - a)]$ $= a - b$	IN (BB7) = $a - b$	$\emptyset \cup [(a - b) - (b - a)]$ $= a - b$	IN (BB7) = $a - b$
BB7	$Gen_{B7} \cup (Out[B7] - kill)$ $a - b \cup (\emptyset - \emptyset) =$ $a - b$	IN (BB8) = \emptyset	$a - b \cup (\emptyset - \emptyset) =$ $a - b$	IN (BB8) = \emptyset
BB8	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset

Possiamo notare che dalla prima alla seconda iterazione non sono presenti cambiamenti negli insiemi IN e OUT quindi abbiamo raggiunto la convergenza.

Dominator Analysis	
Domain	Insieme dei blocchi
Direction	Forward: $in[b] = \wedge out[pred(b)]$ $out[b] = f_b(in[b])$
Transfer function	$f_b = Gen_b \cup (x - Kill_b)$
Meet Operation	Intersezione \cap
Boundary Condition	$Out[entry] = \emptyset$
Initial interior points	$Out[B] = \cup (Universal\ set)$

NOTE:

- $B_i \in DOM[B_j]$ se e solo se B_i domina B_j
- Per definizione un nodo domina sé stesso, $B_i \in DOM[B_i]$

Stiamo risolvendo un problema che ha come soggetto i blocchi; quindi, saranno loro a costituire il nostro dominio.

Data la definizione che afferma “un nodo domina sé stesso”, all’inizio dell’iterazione il Gen di ogni blocco è composto dal blocco stesso $\rightarrow Gen[B] = B$, e non sono presenti operazioni di Kill quindi $Kill = \emptyset$.

	ITER 1		ITER 2	
	IN	OUT	IN	OUT
A	\emptyset	A	\emptyset	A
B	A	$\{B\} \cup \{A\}$	A	$\{B, A\}$
C	A	$\{C\} \cup \{A\}$	A	$\{A, C\}$
D	$\{A, C\}$	$\{D\} \cup \{A, C\}$	$\{A, C\}$	$\{A, C, D\}$
E	$\{A, C\}$	$\{E\} \cup \{A, C\}$	$\{A, C\}$	$\{A, C, E\}$
F	$\{A, C, D\} \cap \{A, C, E\}$ $= \{A, C\}$	$\{F\} \cup \{A, C\}$	$\{A, C\}$	$\{A, C, F\}$
G	$\{A, B\} \cap \{A, C, F\}$ $= \{A\}$	$\{G\} \cup \{A\}$	A	$\{A, G\}$

Constant Propagation	
Domain	Insieme delle coppie <Variabile, Costante>
Direction	Forward: $in[b] = \wedge out[pred(b)]$ $out[b] = f_b(in[b])$
Transfer function	$f_b = Gen_b \cup (x - Kill_b)$
Meet Operation	Intersezione: \cap
Boundary Condition	$Out[entry] = \emptyset$
Initial interior points	$Out[B] = U$

L'obiettivo dell'analisi è determinare in quali punti del programma le variabili hanno un valore costante. Quindi, il nostro dominio sarà l'insieme delle **coppie <Variabile, Valore>** che rappresentano le costanti nei vari punti del programma.

NOTA:

- Riusciamo anche a determinare il valore delle operazioni binarie, in cui uno degli operandi è una costante da noi conosciuta in quel punto del programma. Perciò, pure queste sono da considerare eventuali costanti.

	<i>Gen</i>	<i>Kill</i>
B1	\emptyset	\emptyset
B2	$k, 2$	\emptyset
B3	\emptyset	\emptyset
B4	a	\emptyset
B5	$x, 5$	\emptyset
B6	a	\emptyset
B7	$x, 8$	\emptyset
B8	k	k
B9	\emptyset	\emptyset
B10	$b, 2$	\emptyset
B11	x	\emptyset
B12	y	\emptyset
B13	k	k
B14	\emptyset	\emptyset
B15	\emptyset	\emptyset

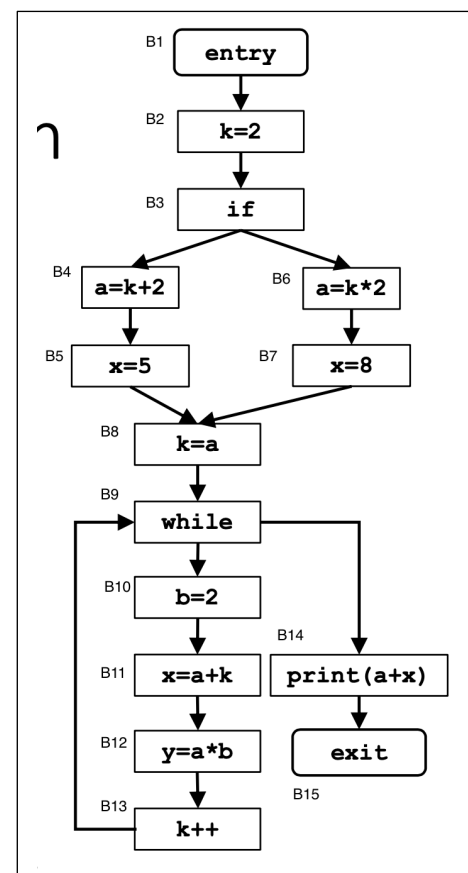


TABELLA DELLE ITERAZIONI:

[illegible]

ITER 3

	IN	OUT
B1	\emptyset	\emptyset
B2	\emptyset	$\langle k, 2 \rangle \cup (\emptyset - \emptyset) = \langle k, 2 \rangle$
B3	$\langle k, 2 \rangle$	$\emptyset \cup (\langle k, 2 \rangle - \emptyset) = \langle k, 2 \rangle$
B4	$\langle k, 2 \rangle$	$\langle a, 4 \rangle \cup (\langle k, 2 \rangle - \emptyset) = \langle k, 2 \rangle, \langle a, 4 \rangle$
B5	$\langle k, 2 \rangle, \langle a, 4 \rangle$	$\langle x, 5 \rangle \cup \left(\begin{array}{c} \langle k, 2 \rangle, \\ \langle a, 4 \rangle - \emptyset \end{array} \right) = \langle k, 2 \rangle, \langle a, 4 \rangle, \langle x, 5 \rangle$
B6	$\langle k, 2 \rangle$	$\langle a, 4 \rangle \cup (\langle k, 2 \rangle - \emptyset) = \langle k, 2 \rangle, \langle a, 4 \rangle$
B7	$\langle k, 2 \rangle, \langle a, 4 \rangle$	$\langle x, 8 \rangle \cup \left(\begin{array}{c} \langle k, 2 \rangle, \langle a, 4 \rangle \\ - \emptyset \end{array} \right) = \langle k, 2 \rangle, \langle a, 4 \rangle, \langle x, 8 \rangle$
B8	$\langle k, 2 \rangle, \langle a, 4 \rangle, \langle x, 5 \rangle \cap \langle k, 2 \rangle, \langle a, 4 \rangle, \langle x, 8 \rangle = \langle k, 2 \rangle, \langle a, 4 \rangle$	$\langle k, 4 \rangle \cup \left(\begin{array}{c} \langle k, 2 \rangle, \langle a, 4 \rangle \\ - \langle k, 2 \rangle \end{array} \right) = \langle k, 4 \rangle, \langle a, 4 \rangle$
B9	$\langle k, 4 \rangle, \langle a, 4 \rangle \cap \langle a, 4 \rangle, \langle b, 2 \rangle, \langle y, 8 \rangle = \langle a, 4 \rangle$	$\emptyset \cup (\langle a, 4 \rangle - \emptyset) = \langle a, 4 \rangle$
B10	$\langle a, 4 \rangle$	$\langle b, 2 \rangle \cup (\langle a, 4 \rangle - \emptyset) = \langle a, 4 \rangle, \langle b, 2 \rangle$
B11	$\langle a, 4 \rangle, \langle b, 2 \rangle$	$\emptyset \cup (\langle a, 4 \rangle, \langle b, 2 \rangle - \emptyset) = \langle a, 4 \rangle, \langle b, 2 \rangle$
B12	$\langle a, 4 \rangle, \langle b, 2 \rangle$	$\langle y, 8 \rangle \cup \left(\begin{array}{c} \langle a, 4 \rangle, \langle b, 2 \rangle \\ - \emptyset \end{array} \right) = \langle a, 4 \rangle, \langle b, 2 \rangle, \langle y, 8 \rangle$
B13	$\langle a, 4 \rangle, \langle b, 2 \rangle, \langle y, 8 \rangle$	$\emptyset \cup (\langle a, 4 \rangle, \langle b, 2 \rangle, \langle y, 8 \rangle - k) = \langle a, 4 \rangle, \langle b, 2 \rangle, \langle y, 8 \rangle$
B14	$\langle a, 4 \rangle$	$\emptyset \cup (\langle a, 4 \rangle - \emptyset) = \langle a, 4 \rangle$
B15	$\langle a, 4 \rangle$	$\langle a, 4 \rangle$

La tabella di Gen e Kill contiene al suo interno le eventuali generazioni e uccisioni di ogni BasicBlock.

Bisogna sottolineare i BB che al loro interno hanno operazioni binarie generano una costante solo se uno dei due operandi è una costante nota in quel preciso momento.

Note iterazioni:

- L'IN di B8 è calcolato come l'intersezione tra gli OUT di B5 e B7, ciò fa sì che x non sia una costante perché non ha lo stesso valore a seconda del percorso di esecuzione
- L'IN di B9 è calcolato come l'intersezione tra gli OUT di B8 e B13, questo nelle iterazioni ci porta a notare che all'entrata del ciclo l'unica variabile considerabile costante è 'a', dato che 'k' viene usato come indice nel ciclo e quindi modificato ad ogni iterazione non avrà mai un valore costante
- Arrivati alla terza iterazione notiamo che non ci sono più cambiamenti nel valore delle costanti presenti e siamo arrivati a convergenza