

# LINGUAGGI E COMPILATORI - ASSIGNMENT 3

## Esercizio 1 – Very Busy Expressions)

- Derivare una formalizzazione per il framework di Dataflow Analysis, riempiendo lo specchietto coi parametri adeguati.

	Very Busy Expressions
Domain	Sets of Expressions
Direction	Backward: $IN[B] = f_B(OUT[B])$ $OUT[B] = \wedge IN[succ(B)]$
Transfer Function	$f_B(OUT[B]) = Use_B \cup (OUT[B] - Reevaluation_B)$
Meet Operator	$\cap$
Boundary condition	$IN[Exit] = \emptyset$
Initial Interior Points	$IN[B] = \emptyset$

**Dominio:** bit vector contenente tante cifre quante sono le diverse espressioni valutate, nel quale un bit di valore:

- 1: indica che l'espressione i-esima è very busy.
- 0: indica che l'espressione i-esima NON è very busy.

**Backward:** in quanto sono necessarie informazioni riguardo valutazioni "future".

**Use<sub>B</sub>**: bit vector di dimensione uguale al vettore del dominio che si riferisce alle medesime espressioni, nel quale un bit di valore:

- **1**: indica che l'espressione i-esima è stata "utilizzata" nel blocco B.
- **0**: indica che l'espressione i-esima NON è stata "utilizzata" nel blocco B.

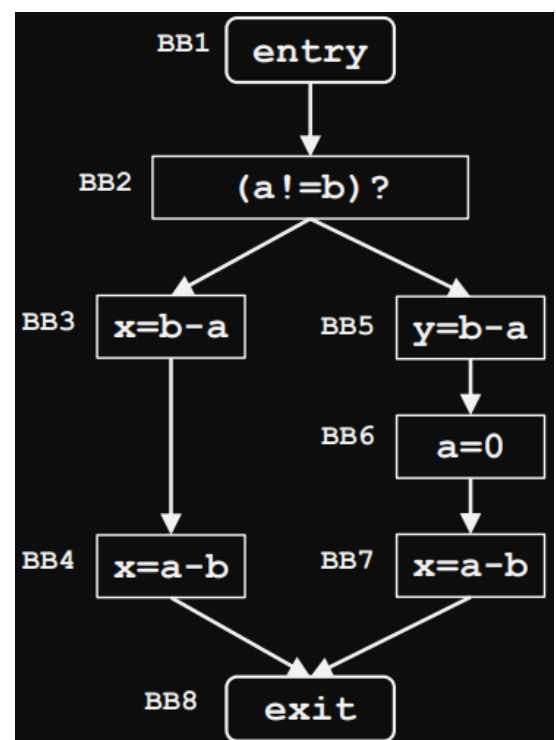
**Reevaluation<sub>B</sub>**: bit vector di dimensione uguale al vettore del dominio che si riferisce alle medesime espressioni, nel quale un bit di valore:

- **1**: indica che il valore di un operando dell'espressione i-esima è stato modificato nel blocco B.
- **0**: indica che il valore di un operando dell'espressione i-esima NON è stato modificato nel blocco B.

- Per il CFG di esempio fornito popolare una tabella con le iterazioni dell'algoritmo iterativo di soluzione del problema.

Bit Vector =  $\langle b-a, a-b \rangle$

	Inizializzazione		Iterazione 1	
	IN[B]	OUT[B]	IN[B]	OUT[B]
BB8	$\langle 0\ 0 \rangle$	-	$\langle 0\ 0 \rangle$	-
BB7	$\langle 0\ 0 \rangle$	-	$\langle 0\ 0 \rangle$	$\langle 0\ 0 \rangle$
BB6	$\langle 0\ 0 \rangle$	-	$\langle 0\ 0 \rangle$	$\langle 0\ 0 \rangle$
BB5	$\langle 0\ 0 \rangle$	-	$\langle 1\ 0 \rangle$	$\langle 0\ 0 \rangle$
BB4	$\langle 0\ 0 \rangle$	-	$\langle 0\ 1 \rangle$	$\langle 0\ 0 \rangle$
BB3	$\langle 0\ 0 \rangle$	-	$\langle 1\ 1 \rangle$	$\langle 0\ 1 \rangle$
BB2	$\langle 0\ 0 \rangle$	-	$\langle 1\ 0 \rangle$	$\langle 1\ 0 \rangle$
BB1	$\langle 0\ 0 \rangle$	-	$\langle 1\ 0 \rangle$	$\langle 1\ 0 \rangle$



	Use	Reevaluation
BB8	$\langle 0\ 0 \rangle$	$\langle 0\ 0 \rangle$
BB7	$\langle 0\ 1 \rangle$	$\langle 0\ 0 \rangle$
BB6	$\langle 0\ 0 \rangle$	$\langle 1\ 1 \rangle$
BB5	$\langle 1\ 0 \rangle$	$\langle 0\ 0 \rangle$
BB4	$\langle 0\ 1 \rangle$	$\langle 0\ 0 \rangle$
BB3	$\langle 1\ 0 \rangle$	$\langle 0\ 0 \rangle$
BB2	$\langle 0\ 0 \rangle$	$\langle 0\ 0 \rangle$
BB1	$\langle 0\ 0 \rangle$	$\langle 0\ 0 \rangle$

## Esercizio 2 – Dominator Analysis)

- Derivare una formalizzazione per il framework di Dataflow Analysis, riempiendo lo specchietto coi parametri adeguati.

	Dominator Analysis
Domain	Sets of Basic Blocks
Direction	Forward: $IN[B] = \bigwedge OUT[pred(B)]$ $OUT[B] = f_B(IN[B])$
Transfer Function	$f_B(IN[B]) = Self_B \cup IN[B]$
Meet Operator	$\cap$
Boundary condition	$OUT[Entry] = Entry$
Initial Interior Points	$IN[B] = u = Universal\ Set$

**Dominio:** bit vector contenente tante cifre quanti sono i Basic Block contenuti nel programma, nel quale l'i-esimo bit di valore:

- **1:** indica che il Basic Block i-esimo domina il Basic Block corrente.
- **0:** indica che il Basic Block i-esimo NON domina il Basic Block corrente.

**Self<sub>B</sub>:** bit vector contenente tante cifre quanti sono i Basic Block usato per indicare l'auto-dominazione di un blocco:

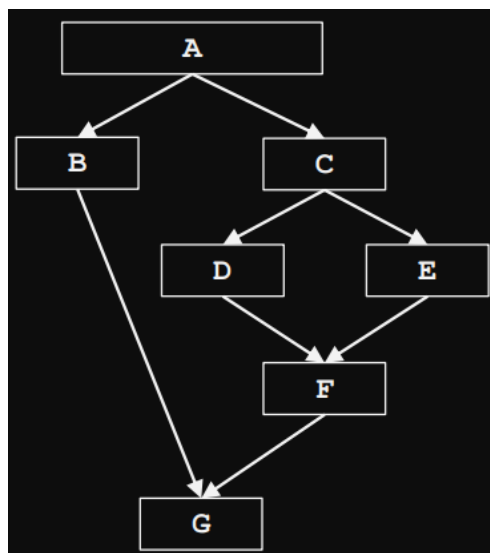
- Esempio con 5 BB totali: **Self<sub>BB5</sub>** = **< 0 0 0 0 1 >**

• Per il CFG di esempio fornito popolare una tabella con le iterazioni dell'algoritmo iterativo di soluzione del problema.

Bit Vector = **< A, B, C, D, E, F, G >**

Inizializzazione			Iterazione 1	
	IN[B]	OUT[B]	IN[B]	OUT[B]
A	-	<1000000>	-	<1000000>
B	-	<1111111>	<1000000>	<1100000>
C	-	<1111111>	<1000000>	<1010000>
D	-	<1111111>	<1010000>	<1011000>
E	-	<1111111>	<1010000>	<1010100>
F	-	<1111111>	<1010000>	<1010010>
G	-	<1111111>	<1000000>	<1000000>

	Dominator
A	{A}
B	{A, B}
C	{A, C}
D	{A, C, D}
E	{A, C, E}
F	{A, C, F}
G	{A}



### Esercizio 3 – Constant Propagation)

- Derivare una formalizzazione per il framework di Dataflow Analysis, riempiendo lo specchietto coi parametri adeguati.

	Constant Propagation
Domain	Sets of pairs (variable name, value)
Direction	Forward: $IN[B] = \bigwedge OUT[pred(B)]$ $OUT[B] = f_B(IN[B])$
Transfer Function	$f_B(IN[B]) = IN[B] - AllDef_B \cup ConstDef_B$
Meet Operator	$\cap$
Boundary condition	$OUT[Entry] = \emptyset$
Initial Interior Points	$IN[B_i] = \{(var_1, *), \dots, (var_j, *)\};$ <i>For each Basic Block i and for each Variable j</i>

Con \* si intende un elemento qualsiasi facente parte dell'insieme universale tale per cui possa fare "match" con qualsiasi altro elemento:

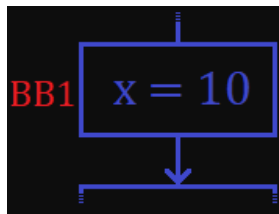
- Esempio:  $\{(x, 10), (y, 20)\} - \{(x, *)\} = \{(y, 20)\}$

**Dominio:** insieme contenente tante coppie (**variabile, valore**) quante sono le diverse variabili definite nel programma.

- Esempio: Se ad un punto **p** del CFG è presente la coppia (**x, 10**) significa che la variabile **x** è una costante di valore **10** indipendentemente da come il punto **p** venga raggiunto.

***AllDef<sub>B</sub>***: insieme contenente le coppie (variabile, \*) per ogni singola variabile definita all'interno del blocco B:

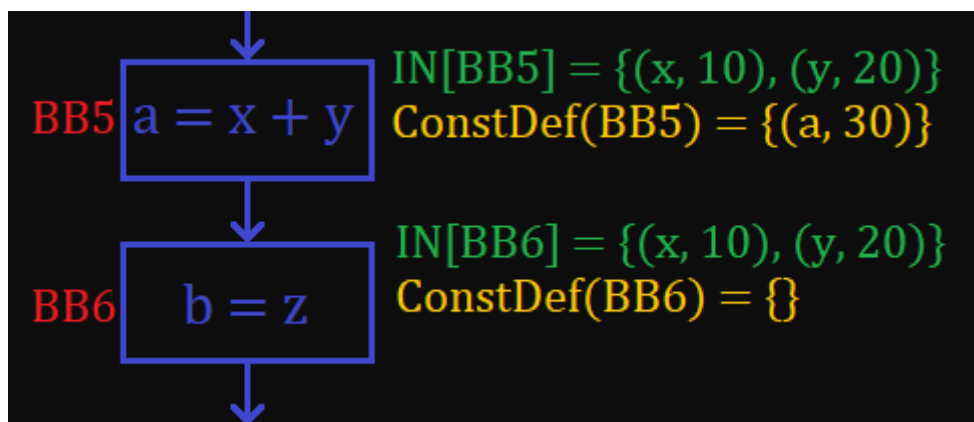
- Esempio:



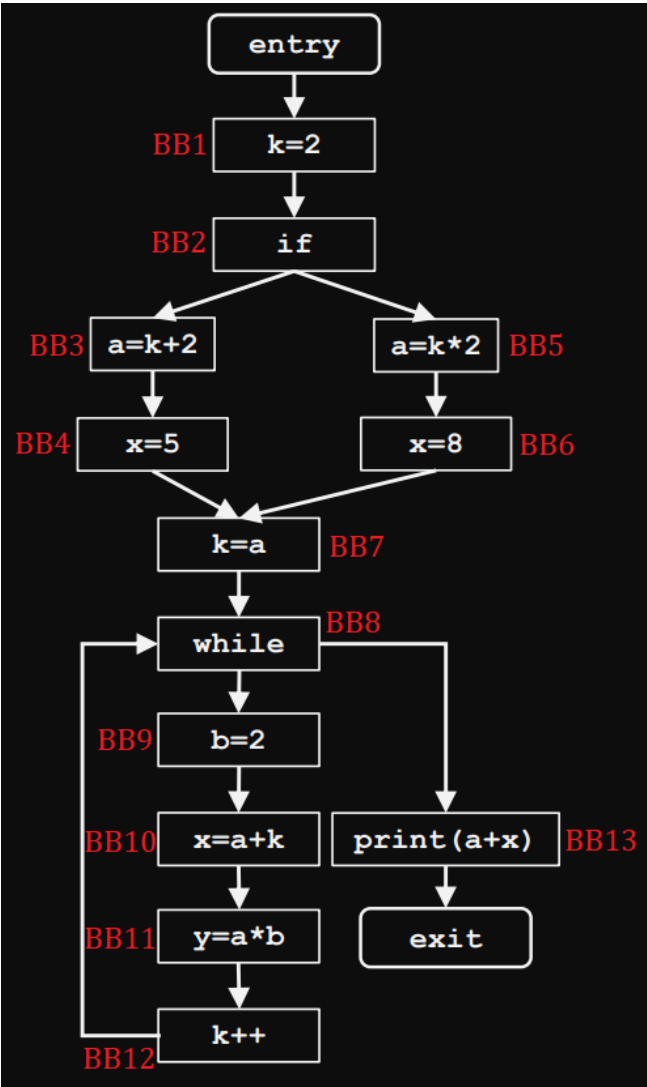
$$AllDef_{BB1} = \{(x, 10)\}$$

***ConstDef<sub>B</sub>***: insieme contenente le coppie (variabile, costante) per ogni singola variabile definita tramite:

- Assegnamento a costante:
  - Esempio:  $x = 10 \rightarrow (x, 10)$
- Operazione binaria con entrambi gli operatori costanti:
  - Esempio:  $x = 10 + 20 \rightarrow (x, 30)$
- Operazione binaria con uno o entrambi gli operatori variabili presenti nell'IN[B] con una coppia di (valore, costante):
  - Esempio:



- Per il CFG di esempio fornito popolare una tabella con le iterazioni dell'algoritmo iterativo di soluzione del problema.



	<i>ConstDef<sub>B</sub></i> (basato sulla soluzione finale)
Entry	{ }
BB1	{(k, 2)}
BB2	{ }
BB3	{(a, 4)}
BB4	{(x, 5)}
BB5	{(a, 4)}
BB6	{(x, 5)}
BB7	{(k, 4)}
BB8	{ }
BB9	{(b, 2)}
BB10	{ }
BB11	{(y, 8)}
BB12	{ }
BB13	{ }
Exit	{ }

Iterazione 1

	Inizializzazione		Iterazione 1	
	IN[B]	OUT[B]	IN[B]	OUT[B]
Entry	-	{}	-	{}
BB1	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{}	{(k,2)}
BB2	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{(k,2)}	{(k,2)}
BB3	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{(k,2)}	{(k,2),(a,4)}
BB4	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{(k,2),(a,4)}	{(k,2), (a,4),(x,5)}
BB5	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{(k,2)}	{(k,2),(a,4)}
BB6	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{(k,2),(a,4)}	{(k,2),(a,4),(x,8)}
BB7	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{(k,2),(a,4)}	{(k,4),(a,4)}
BB8	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{(k,4),(a,4)}	{(k,4),(a,4)}
BB9	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{(k,4),(a,4)}	{(k,4),(a,4),(b,2)}
BB10	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{(k,4),(a,4),(b,2)}	{(k,4),(a,4),(b,2),(x,8)}
BB11	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{(k,4),(a,4),(b,2),(x,8)}	{(k,4),(a,4),(b,2),(x,8),(y,8)}
BB12	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{(k,4),(a,4),(b,2),(x,8),(y,8)}	{(k,5),(a,4),(b,2),(x,8),(y,8)}
BB13	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{(k,4),(a,4)}	{(k,4),(a,4)}
Exit	-	{(k,*),(a,*),(x,*),(b,*),(y,*)}	{(k,4),(a,4)}	{(k,4),(a,4)}



Iterazione 2



	Iterazione 2	
	IN[B]	OUT[B]
Entry	-	{}
BB1	{}	{(k,2)}
BB2	{(k,2)}	{(k,2)}
BB3	{(k,2)}	{(k,2),(a,4)}
BB4	{(k,2),(a,4)}	{(k,2), (a,4),(x,5)}
BB5	{(k,2)}	{(k,2),(a,4)}
BB6	{(k,2),(a,4)}	{(k,2),(a,4),(x,8)}
BB7	{(k,2),(a,4)}	{(k,4),(a,4)}
BB8	{(a,4)}	{(a,4)}
BB9	{(a,4)}	{(a,4),(b,2)}
BB10	{(a,4),(b,2)}	{(a,4),(b,2)}
BB11	{(a,4),(b,2)}	{(a,4),(b,2),(y,8)}
BB12	{(a,4),(b,2),(y,8)}	{(a,4),(b,2),(y,8)}
BB13	{(a,4)}	{(a,4)}
Exit	{(a,4)}	{(a,4)}



Iterazione 3

Si ha convergenza alla terza iterazione:

	Iterazione 3	
	IN[B]	OUT[B]
Entry	-	$\{\}$
BB1	$\{\}$	$\{(k,2)\}$
BB2	$\{(k,2)\}$	$\{(k,2)\}$
BB3	$\{(k,2)\}$	$\{(k,2),(a,4)\}$
BB4	$\{(k,2),(a,4)\}$	$\{(k,2),(a,4),(x,5)\}$
BB5	$\{(k,2)\}$	$\{(k,2),(a,4)\}$
BB6	$\{(k,2),(a,4)\}$	$\{(k,2),(a,4),(x,8)\}$
BB7	$\{(k,2),(a,4)\}$	$\{(k,4),(a,4)\}$
BB8	$\{(a,4)\}$	$\{(a,4)\}$
BB9	$\{(a,4)\}$	$\{(a,4),(b,2)\}$
BB10	$\{(a,4),(b,2)\}$	$\{(a,4),(b,2)\}$
BB11	$\{(a,4),(b,2)\}$	$\{(a,4),(b,2),(y,8)\}$
BB12	$\{(a,4),(b,2),(y,8)\}$	$\{(a,4),(b,2),(y,8)\}$
BB13	$\{(a,4)\}$	$\{(a,4)\}$
Exit	$\{(a,4)\}$	$\{(a,4)\}$