



**UNIMORE**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di Scienze Fisiche,  
Informatiche e Matematiche

# 8. Secondo Assignment - Dataflow analysis

## Compilatori – Middle end [I215-014]

*Corso di Laurea in INFORMATICA*  
(D.M.270/04) [16-215]  
Anno accademico 2024/2025

**Prof. Andrea Marongiu**  
[andrea.marongiu@unimore.it](mailto:andrea.marongiu@unimore.it)

# Dataflow Analysis Assignment

## Per ciascuno dei seguenti tre problemi di analisi

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

	Dataflow Problem X
Domain	Set of Expression
Direction	Backward $in[b] = f_b(out[b])$ $out[b] = 1 \text{ in } [succ[b]]$
Transfer function	$in[b] = Gen_b \cup (out[b] \text{ kill } b)$
Meet Operation ( $\wedge$ )	$\cap$
Boundary Condition	$in[exit] = \emptyset$
Initial interior points	$in[b] = \cup$ (universal set)

espressioni generate  
dalle istruzioni nel  
BB

ogni assegnamento  
killa l'espressione  
in cui la variabile  
è un operando

# Dataflow Analysis Assignment

## Per ciascuno dei seguenti tre problemi di analisi

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

	Iterazione 1		Iterazione 2		Iterazione 3	
	IN[B]	OUT[B]	IN[B]	OUT[B]	IN[B]	OUT[B]
BB1	< ... >	< ... >				
BB2						
BB3						

Vettore di bit con le seguenti posizioni:  $e_1$   $e_2$

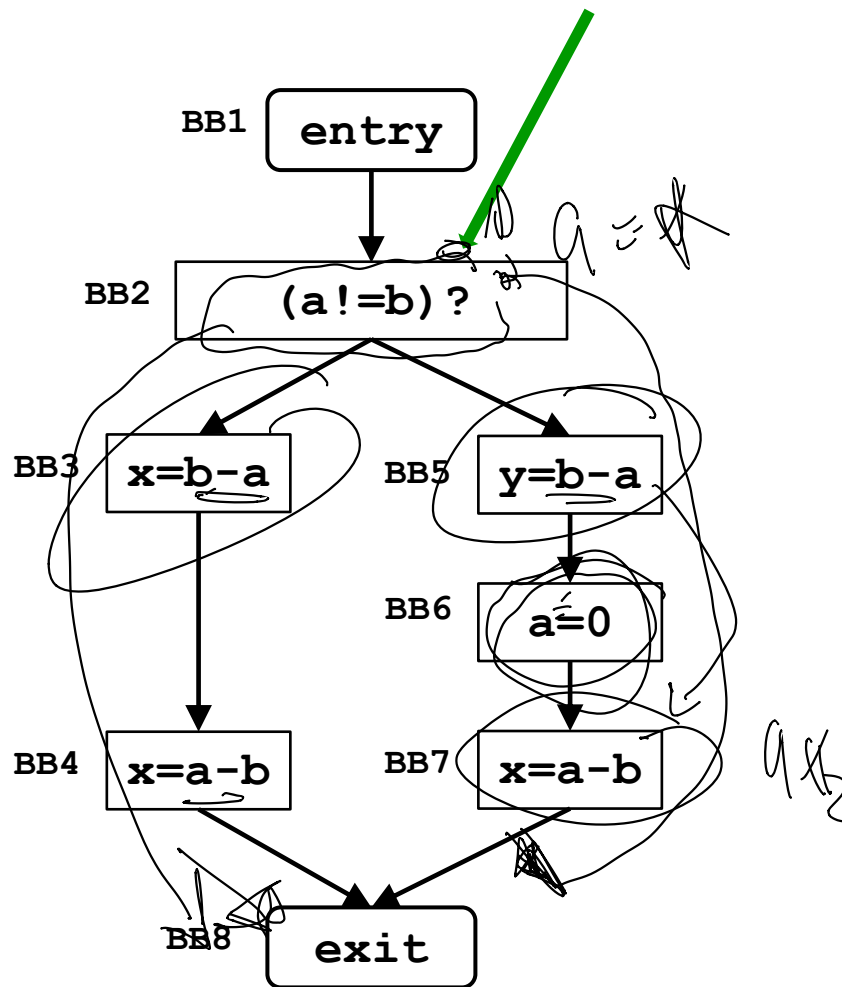
	INCB	OUTCB
DB1(ENTRY)	/	10
BB2	10	10
BB3	11	01
BB4	01	Ø
BB5	10	00
BB6	00	01
BB7	01	Ø
BB8(EXIT)	Ø	/

BB	Gen	util
1	Ø	Ø
2	Ø	Ø
3	$e_1$	Ø
4	$e_2$	Ø
5	$e_1$	Ø
6	Ø	$e_1, e_2$
7	$e_2$	Ø
8	Ø	Ø

# 1) Very Busy Expressions

Quali espressioni sono **very busy** in questo punto?

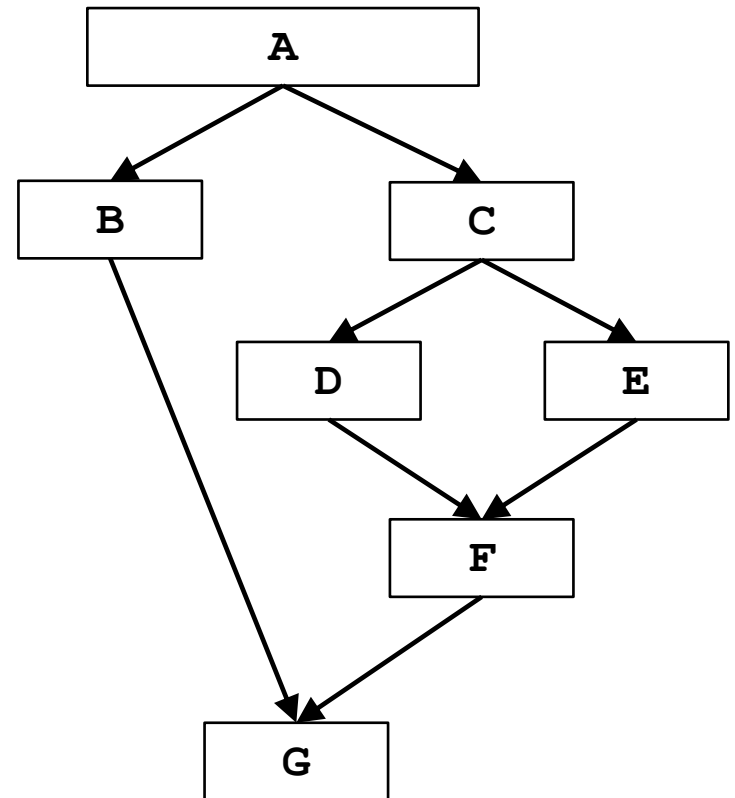
- Un'espressione è **very busy** in un punto  $p$  se, indipendentemente dal percorso preso da  $p$ , l'espressione viene usata prima che uno dei suoi operandi venga definito.
- Un'espressione  $a+b$  è **very busy** in un punto  $p$  se  $a+b$  è valutata in tutti i percorsi da  $p$  a EXIT e non c'è una definizione di  $a$  o  $b$  lungo tali percorsi
  - Ci interessa l'insieme di espressioni disponibili (available) all'inizio del blocco B
  - L'insieme dipende dai percorsi che cominciano al punto  $p$  prima di B



**ENABLES CODE HOISTING**

## 2) Dominator Analysis

- In un CFG diciamo che un nodo  $X$  **domina** un altro nodo  $Y$  se il nodo  $X$  appare in ogni percorso del grafo che porta dal blocco ENTRY al blocco  $Y$
- Annotiamo ogni *basic block*  $B_i$  con un insieme  $DOM[B_i]$ 
  - $B_i \in DOM[B_j]$  se e solo se  $B_i$  domina  $B_j$
- Per definizione un nodo domina sé stesso
  - $B_i \in DOM[B_i]$



$DOM[F] = \{A, C, F\}$

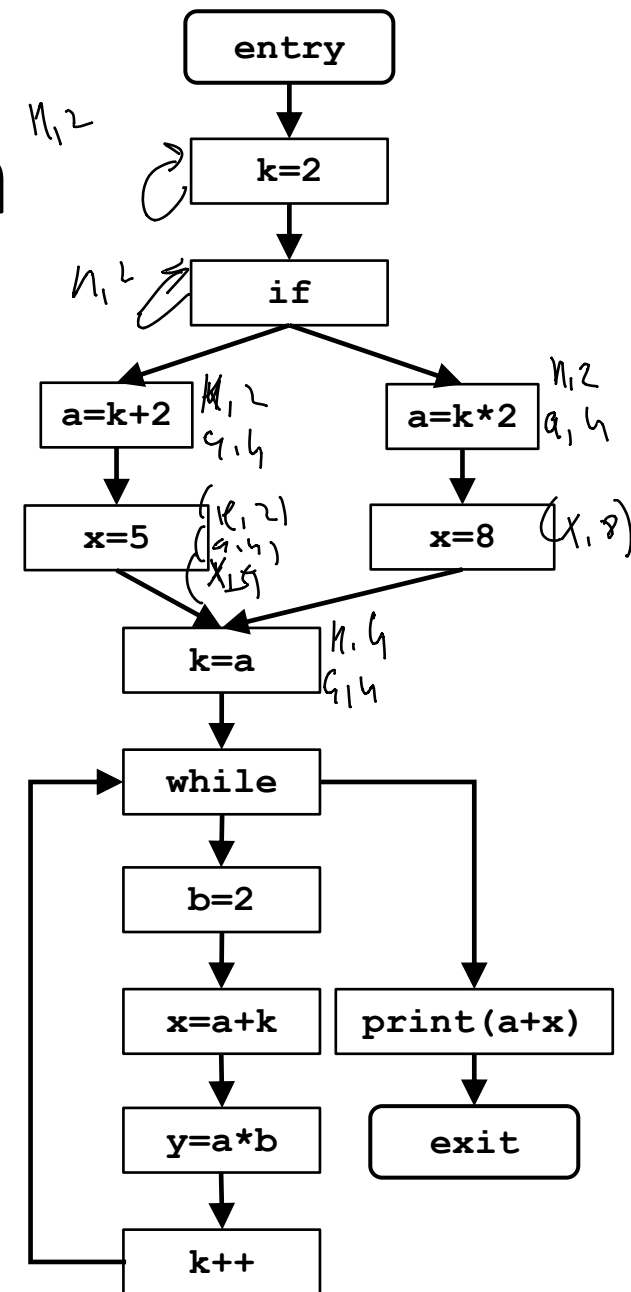
	Dataflow Problem X
Domain	Sets of BB
Direction	Forward $out(b) = f_b(in(b))$ $in(b) = \bigwedge out(pred(b))$
Transfer function	$out(b) = B \cup in(b)$
Meet Operation ( $\wedge$ )	$\cap$
Boundary Condition	$out(entry) = ENTRY$
Initial interior points	$out(b) = \text{universal set}$

BB	IN	OUT
A	$\emptyset$	$\{A\}$
B	$\{A\}$	$\{A, B\}$
C	$\{A\}$	$\{A, C\}$
D	$\{A, C\}$	$\{A, C, D\}$
E	$\{A, C\}$	$\{A, C, E\}$
F	$\{A, C\}$	$\{A, C, F\}$
G	$\{A\}$	$\{A, G\}$

Dobbiamo aggiungere Entry e Exit che è stato se non

### 3) Constant Propagation

- L'obiettivo della *constant propagation* è quello di determinare in quali punti del programma le variabili hanno un valore costante.
- L'informazione da calcolare per ogni nodo  $n$  del CFG è un insieme di **coppie** del tipo *<variabile, valore costante>*.
- Se abbiamo la coppia *<x, c>* al nodo  $n$ , significa che  $x$  è garantito avere il valore  $c$  ogni volta che  $n$  viene raggiunto durante l'esecuzione del programma.





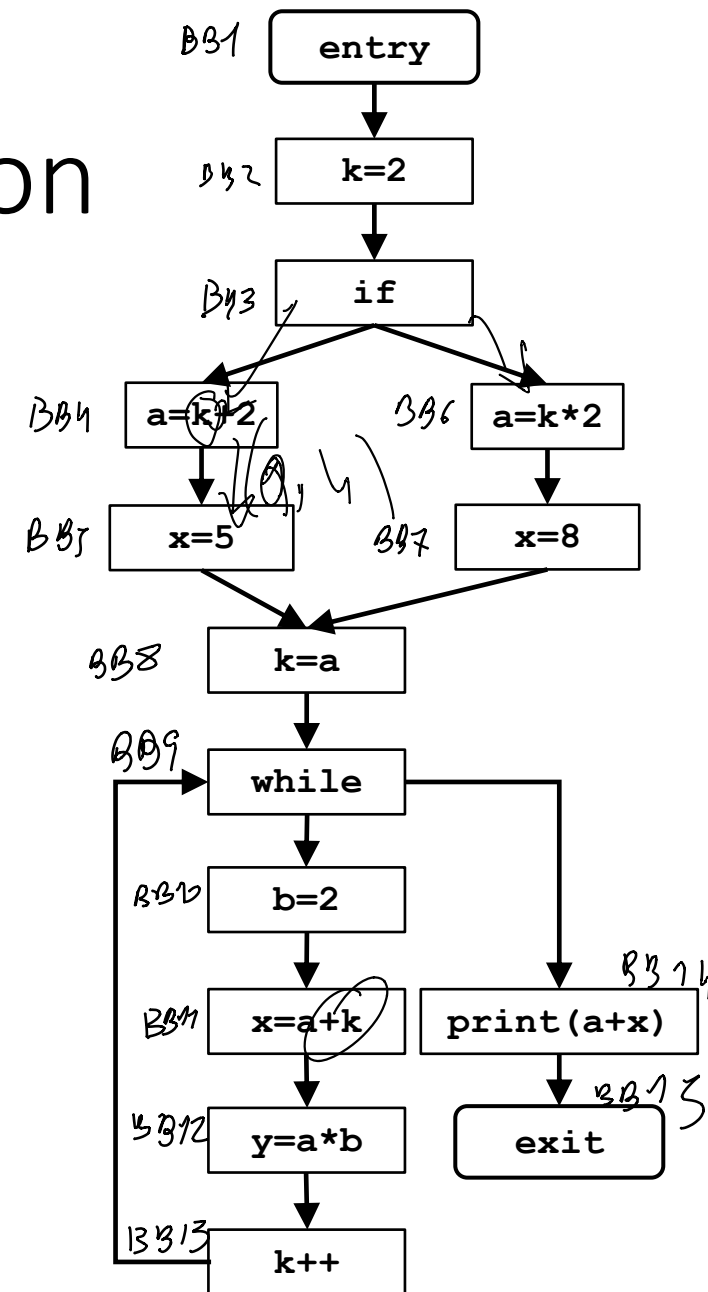
Ripetere l'analisi facciamola  
costanti folding

### 3) Constant Propagation

- **NOTA:** L'analisi di CP riesce a determinare il valore costante di espressioni binarie in cui uno o entrambi gli operandi siano delle variabili il cui valore costante sia noto:

- $w = 5$
- $x = 12$
- $y = x - 2 \rightarrow y = 10$
- $z = w + x \rightarrow z = 17$

- Tenere conto di questo aspetto nel determinare le equazioni



	Dataflow Problem X
Domain	$(var, \text{valore attuale})$
Direction	Forward $out(b) = f6(in(b))$ $in(b) \subseteq 1 \text{ outpred}(b)$
Transfer function	$out(b) = Gen_b \cup (in(b) - kill_b)$
Meet Operation ( $\wedge$ )	$\cap$
Boundary Condition	$out(Entry) = \emptyset$
Initial interior points	$out(b) = \text{universal set}$

NO BIT VECTOR, ABBONDANANTE

quelli sono veri e solo se eliminano i - in pr una costante

BB	GEN	KILL
1	$\emptyset$	$\emptyset$
2	$\{K, 2\}$	$\{K, C\}$
3	$\emptyset$	$\emptyset$
4	$\{a, K, 2\}$	$\{a, C\}$
5	$\{X, 5\}$	$\{X, C\}$
6	$\{a, K, 2\}$	$\{a, C\}$
7	$\{K, 2\}$	$\{X, C\}$
8	$\{K, a\}$	$\{K, C\}$
9	$\emptyset$	$\emptyset$
10	$\{b, 2\}$	$\{b, C\}$
11	$\{K, a, 2\}$	$\{X, C\}$
12	$\{Y, a, 2\}$	$\{Y, C\}$
13	$\{u, u+1\}$	$\{K, C\}$
14	$\emptyset$	$\emptyset$
15	$\emptyset$	$\emptyset$

qui c'è qualche valore, su documenti

invece come tutte le variabili con gli valori costanti

## II ITERAZIONE

BB	IN	OUT
1	/	$\emptyset$
2	$\emptyset$	$\{C, 2\}$
3	$\{u, 2\}$	$\{u, 2\}$
4	$\{u, 2\}$	$\{a, u, K, 2\}$
5	$\{a, u, K, 2\}$	$\{a, u, K, 2, X, 5\}$
6	$\{K, 2\}$	$\{a, u, K, 2\}$
7	$\{a, u, K, 2\}$	$\{a, u, K, 2, X, 8\}$
8	$\{a, u, K, 2\}$	$\{a, u, K, u\}$
9	$\{a, u, K, u\}$	$\{a, u, K, u\}$
10	$\{a, u, K, u\}$	$\{a, u, K, u, b, 2\}$
11	$\{a, u, K, u, b, 2\}$	$\{K, 8, a, u, K, u, b, 2\}$
12	$out(11)$	$\{Y, 8, X, 8, a, u, K, u, b, 2\}$
13	$\leftarrow$	$\{K, 5, Y, 8, X, 8, a, u, b, 2\}$
14	$out(13) = \{a, u, K, u\}$	$\leftarrow$
15	$\leftarrow$	$\leftarrow$

II

## III IT.

VGUZZE → CONNESSIONE

IN	OUT
9 $out(10) \cap out(8) = \{a, u\}$	$\{a, u\}$
10 $\{a, u\}$	$\{b, 2, a, u\}$
11 $\{b, 2, a, u\}$	$\{b, 2, a, u\}$
12 $\{b, 2, a, u\}$	$\{b, 2, a, u, Y, 8\}$
13 $out(12)$	$\leftarrow IN(13)$
14 $out(9)$	$out(4)$
15 $out(9)$	$out(9)$

IN	OUT
9 $out(8) \cap out(13)$	

# Deadline per la consegna

- La deadline per la consegna del secondo assignment è martedì 15 aprile 2025
- Usate preferibilmente lo stesso link già comunicato per il primo assignment, organizzando il vostro repository in cartelle strutturate per assignment