

Esercizio: Dipendenze

Dipendenza dai dati : per la quale l'istruzione j dipende dall'istruzione i se i produce, direttamente o transitivamente (ossia tramite una o più istruzioni intermedie) un risultato richiesto da j .

Dipendenza dal controllo : la quale determina l'ordinamento di una istruzione rispetto ad un salto condizionale, così che essa esegua solo quando dovuto rispetto all'esecuzione del salto.

Dipendenza dai nomi : la quale ha luogo allorché due istruzioni, tra le quali non vi sia flusso di dati, usano lo stesso registro o la stessa locazione di memoria.

Si illustrino tutte le dipendenze presenti nel seguente frammento di programma in linguaggio C, assumendo che il programma non faccia riferimento ad altri dati, che tutti i valori siano definiti prima dell'uso, e che soltanto b e c siano usati successivamente alle istruzioni date:

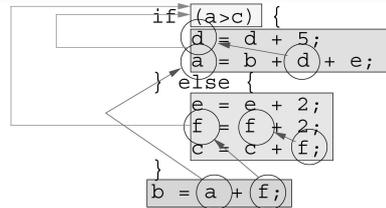
```

if (a>c) {
    d = d + 5;
    a = b + d + e; }
else {
    e = e + 2;
    f = f + 2;
    c = c + f; }
b = a + f;

```

Soluzione

A
B | 1
 | 2
C | 1
 | 2
 | 3
D



legenda:



dipendenza dal controllo: X dipende da Y



dipendenza dai dati: X dipende da Y

dipendenze		
dal controllo	dai dati	dai nomi
B → A	B.2 → B.1	
C → A	C.3 → C.2	
	D → C.2, B.1 (via B.2)	

Esercizio: valutazione delle prestazioni

- Si considerino le seguenti statistiche:
 - 15% delle istruzioni sono di salto condizionale
 - 1% delle istruzioni sono di salto incondizionale
 - Il 60% delle istruzioni di salto condizionale hanno la condizione soddisfatta (prese)
- ...ed una pipeline a 4 stadi (IF, ID, EI, WO) per cui:
 - i salti incondizionati sono risolti (identificazione salto e calcolo indirizzo target) alla fine del secondo stadio (ID)
 - i salti condizionati sono risolti (identificazione salto, calcolo indirizzo target e calcolo condizione) alla fine del terzo stadio (EI)
 - il primo stadio (IF) è indipendente dagli altri
 - ogni stadio impiega 1 ciclo di clock
- inoltre si assuma che non ci siano altre istruzioni che possano mandare in stallo la pipeline e che si predica di non saltare in caso di salto condizionale

Domanda:

calcolare quanto più veloce, a regime, sarebbe la pipeline senza gli stalli introdotti dai salti

Aiuto: fattore di velocizzazione di una pipeline a k stadi, a regime, in funzione del numero di stalli:

$$S_k = \frac{1}{1 + \text{frazione_cicli_stallo}} k$$

Soluzione: valutazione delle prestazioni

- Per rispondere alla domanda bisogna calcolare il rapporto tra le prestazioni di una pipeline a 4 stadi senza stalli con le prestazioni della pipeline con ritardi
- Le prestazioni di una pipeline a 4 stadi senza ritardi si ottengono considerando la formula data con $k=4$ e 0 cicli di stallo:

$$\frac{1}{1+0} 4 = 4$$

- Per calcolare le prestazioni in presenza di stalli bisogna calcolare:
 - la probabilità di eseguire una delle istruzioni di salto
 - salto incondizionato → **0,01** perché 1 su 100 è un salto incondizionato
 - salto condizionato preso → $0,15 * 0,6 = \mathbf{0,09}$ perché 15 istr. su 100, e il 60% salta
 - salto condizionato non preso → $0,15 * 0,4 = \mathbf{0,06}$ perché 15 istr. su 100, e il 40% non salta
 - la frazione di cicli di stallo per tipo di istruzione di salto
- vedi prossimi lucidi

Soluzione: valutazione delle prestazioni

- Stalli per salto incondizionato (salta all'istruzione con indirizzo j)

	<u>cicli clock</u>					
istr. eseguita	1	2	3	4	5	6
jump	IF	ID	EI	WO		
$i + 1$		IF	(qui la pipeline è "svuotata")			
istr. target			IF	ID	EI	...
$j + 1$				IF	ID	...
$j + 2$					IF	...

quindi si ha **1 ciclo** di "stallo" (non è un vero e proprio stallo: la pipeline è svuotata, quindi si esegue un IF inutile)

Soluzione: valutazione delle prestazioni

- Stalli per salto condizionato **preso** (salta all'istruzione con indirizzo j)

	<u>cicli clock</u>					
istr. eseguita	1	2	3	4	5	6
branch	IF	ID	EI	WO		
$i + 1$		IF	IF	(qui la pipeline è "svuotata")		
$i + 2$			IF	(qui la pipeline è "svuotata")		
istr. target				IF	...	
$j + 1$					IF	...

quindi si hanno **2 cicli** di "stallo"

- Stalli per salto condizionato **non preso**

	<u>cicli clock</u>					
istr. eseguita	1	2	3	4	5	6
branch	IF	ID	EI	WO		
$i + 1$		IF	ID	EI	...	
$i + 2$			IF	ID	...	
$i + 3$				IF	...	

quindi si hanno **0 cicli** di "stallo"

Soluzione: valutazione delle prestazioni

Rappresentazione alternativa

- Stalli per salto condizionato **preso** (salta all'istruzione con indirizzo j)

	cicli clock						
	1	2	3	4	5	6	
<u>stadi</u>	IF	branch	$i+1$	$i+2$	<i>istr. target</i>	$j+1$	$j+2$
	ID	branch	$i+1$	<i>bubble</i>	<i>istr. target</i>	$j+1$	
	EI		branch	<i>bubble</i>	<i>bubble</i>	<i>istr. target</i>	
	WO			...			

Si noti che ogni stadio “perde” 2 cicli di clock:

- IF carica le istruzioni con indirizzi $i+1$ e $i+2$ che poi non terminano l'esecuzione;
- ID decodifica l'istruzione con indirizzo $i+1$ che non termina l'esecuzione e poi rimane inattiva durante il ciclo di clock 4 (*bubble*);
- EI (e successivamente WO) rimane inattiva durante i cicli di clock 4 e 5.

Soluzione: valutazione delle prestazioni

- la frazione di cicli in cui si ha stallo è:

$$\begin{aligned}
 & \text{prob_jump} * \text{stalli_jump} && [0,01*1] \\
 & + \\
 & \text{prob_branch_preso} * \text{stalli_branch_preso} && [0,09*2] \\
 & + \\
 & \text{prob_branch_non_preso} * \text{stalli_branch_non_preso} && [0,06*0] \\
 & = \\
 & && \mathbf{0,19}
 \end{aligned}$$

- e quindi le prestazioni della pipeline con stalli è:

$$S_k = \frac{1}{1+0,19} 4 = 3,36$$