

1) Un calcolatore con processore R3000 avente frequenza di clock pari a 2GHz esegue il seguente programma:

```
.text
addi $12,$0,2
addi $10,$0,288
loop: beq $10,$0,fine
lw $2,100($10)
add $2,$2,$12
sw $2,200($10)
j loop
addi $10,$10,-4
fine: halt
```

Si assuma che il processore R3000 ammetta la scrittura e la lettura di un registro nello stesso ciclo di clock, che sia possibile sfruttare il cosiddetto “delay-slot” generato dalle istruzioni di salto, che sia possibile decidere il salto nello stadio di decodifica.

Si calcoli lo speed-up (con almeno 4 cifre di precisione) relativo all’esecuzione con i circuiti di propagazione (forwarding) della pipeline abilitati rispetto al caso in cui siano disabilitati.

Riepilogo del significato delle istruzioni

Instruction	Example	Meaning	Comments
add	add \$1,\$2,\$3	$S1 = S2 + S3$	3 operands; exception possible
add immediate	addi \$1,\$2,100	$S1 = S2 + 100$	+ constant ; exception possible
load word	lw \$1,100(\$2)	$S1 = \text{Memory}[S2+100]$	Data from memory to register
store word	sw \$1,100(\$2)	$\text{Memory}[S2+100] = S1$	Data from register to memory
branch on equal	beq \$1,\$2,100	if ($S1 == S2$) go to PC+4+100	Equal test; PC relative
set on less than	slt \$1,\$2,\$3	if ($S2 < S3$) $S1 = 1$; else $S1 = 0$	Compare less than; 2's complement
no operation	nop	execute but do nothing	
jump	j 10000	go to 10000	Jump to target address
halt the execution	halt	stop	halt the execution

2) Si consideri una cache di dimensione 64B e a 4 vie. La dimensione del blocco e' 8 byte, il tempo di accesso alla cache e' 5 ns e la penalita' in caso di miss e' pari a 60 ns, la politica di rimpiazzamento e' LRU. Il processore effettua i seguenti accessi in cache, ad indirizzi al byte: 21, 77, 66, 146, 82, 15, 130, 64, 192, 209, 225, 241, 113, 97, 273, 66, 257, 129, 64, 161, 240, 299. Per la sequenza data, ricavare il tempo medio di accesso alla cache, riportare i tag contenuti in cache al termine e la lista dei blocchi (ovvero il loro indirizzo) via via eliminati durante il rimpiazzamento.