2.6. La memòria d'un ordinador és adreçable per bytes, i la longitud de la paraula és de 32 bits. Un programa consisteix en dos bucles nidats (nested-loops): un petit bucle interior i un bucle exterior molt més gran.

L'estructura general del programa es mostra a la figura 1. Les adreces de memòria decimal mostren la localització dels dos bucles i el principi i final del programa total. Totes les ubicacions de memòria a les diverses seccions del programa, 8-52, 56-136, 140-240, etc., contenen instruccions per executar-les en seqüències. El programa s'executarà en una computadora que tingui una memòria cau d'instruccions organitzada amb mapejat directe amb els següents paràmetres:

- Mida de la memòria cau 1KiB
- Mida del bloc de 128 bytes

El "miss penalty" en el caché d'instruccions és 80τ , on τ és el temps d'accés de la memòria cau. Calculeu el temps total necessari per a obtenir instruccions durant l'execució del programa a la Figura 1. Suposeu que, després de portar un bloc de MP, triguem τ en portar la dada de la caché.

mida cache =
$$1kB = 2^{10}$$
 Bytes
mida paraula (B) = 32 bits = 4 Bytes = 2^2
mida bloc = 128 Bytes = 2^7 Bytes
Miss Penalty caché instruccions = 80τ
 τ = temps accés a caché

Total instruccions = 1504 - 8 = 1496 instruccions

Temps total necessari per a obtenir instruccions durant l'execució del programa?

num blocs (C) = $\frac{mida\ cache}{mida\ bloc} = \frac{2^{10}}{2^7} = \mathbf{2}^3\ blocs/linies$ $mida\ bloc = 2^{W+B} \rightarrow 2^7 = 2^{W+2} \rightarrow W = \mathbf{5}$ $en\ MP: K = 1; S = C$ $S = C = 2^3 \rightarrow i = \mathbf{3}$

** TABLA HIT/MISS **

Total misses = 48Miss Penalty (M) = 80τ $T_{ac} = \tau$

Hit Rate (h) =
$$1 - Miss Rate = 1 - \frac{48}{1496} = 1 - 0.032 = 0.968$$

$$\begin{split} t_{misses} &= 48 \times 80\tau \\ t_{START} &= (56-8) \times \tau = 48 \cdot \tau \\ t_{INNER\ LOOP} &= (244-140) \times 20 \times 10 \times \tau = 20800 \cdot \tau \\ t_{OUTTER\ LOOP} &= \left((1204-56) - (244-140) \right) \times 10 \times \tau = 10440 \cdot \tau \\ t_{END} &= (1508-1204) \times \tau = 304 \cdot \tau \end{split}$$

$$\begin{aligned} t_{total} &= t_{START} + t_{INNER\,LOOP} + t_{OUTTER\,LOOP} + t_{END} + t_{misses} \\ t_{total} &= 48 \cdot \tau + 20800 \cdot \tau + 10440 \cdot \tau + 304 \cdot \tau + 48 \times 80\tau = \mathbf{35432} \cdot \boldsymbol{\pi} \end{aligned}$$

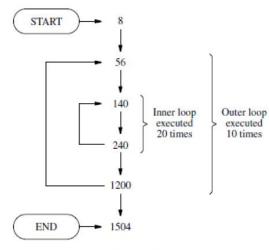


Figura 1.

$$8 \to 56 \to 140 \to 240 \to 1200 \to 1504$$

 $t_{med}: Temps\ Mig\ d'accés\ a\ la\ informació$

T_{ac}: Temps d'Accés a la caché

h : Hit Rate M : Miss Penalty

** TABLA HIT/MISS **

Syte Adress Binary Adress TAG Index Offset Hit/Miss 8	_			_			
## ## ## ## ## ## ## ## ## ## ## ## ##	Byte Adress	Binary Adress	TAG	Index	Offset	Hit/Miss	
	8	0000 0000 1000	00	000	000 1000		
128							
128	→ 56	0000 0011 1000	00	000	011 1000		
140							
140	128	0000 1000 0000	00	00 1	000 0000		
240							
240	140	0000 1000 1100	00	00 1	000 1100		
256						*hits*	
256	240	0000 1111 0000	00	00 1	111 000	Hit	(0 miss)
384						*hits*	
384 0001 1000 0000 00	256	0001 0000 0000	00	010	000 0000	Miss	
Siz						*hits*	
512	384	0001 1000 0000	00	011	000 0000	Miss	
						hits	
640	512	0010 0000 0000	00	100	000 0000	Miss	
						hits	
	640	0010 1000 0000	00	10 1	000 0000	Miss	
Section Sec							
Section Sec	768	0011 0000 0000	00	110	000 0000	Miss	
896 0011 1000 0000 00							
1024		0011 1000 0000	00	11 1	000 0000		•
1024 0100 0000 0000 01 00 0 000 0000 Miss		00222 2000 0000					
1200		0100 0000 0000	01	00.0	000 0000		
1200 0100 1011 0000 01 00 1 011 0000 Miss → inici loop: 000 00 00 0 011 1000 Miss 128 0000 1000 0000 00 00 1 000 0000 Miss 256 0001 0000 0000 00 01 0 000 0000 Hit 256 0001 1000 0000 00 01 1 000 0000 Hit 384 0001 1000 0000 00 10 0 000 0000 Hit 4512 0010 0000 0000 00 10 0 000 0000 Hit 512 0010 1000 0000 00 10 1 000 0000 Hit 640 0010 1000 0000 00 10 1 000 0000 Hit 5768 0011 1000 0000 00 11 1 000 0000 Hit 686 0011 1000 0000 00 11 1 000 0000 Hit 686 0010 1010 0000 0000 01 00 00000 Miss 686 0010 1000 0000 01 01 0 000 0000 Miss 686 0010 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss		0100 0000 0000	III O I	000	000 000		
→ inici loop: 56		0100 1011 0000	01	00.1	011 0000		
56 0000 0011 1000 00 00 0 011 1000 Miss *hits* 128 0000 1000 0000 00 00 1 000 0000 Miss *hits* 256 0001 0000 0000 00 01 0 000 0000 Hit *hits* 384 0001 1000 0000 00 10 0 000 0000 Hit *hits* 512 0010 0000 0000 00 10 1 000 0000 Hit *hits* 640 0010 1000 0000 00 11 0 000 0000 Hit *hits* 768 0011 1000 0000 00 11 0 000 0000 Hit *hits* 1024 0101 000 0000 01 00 0 0000 Miss *hits* 1280 0101 000 0000 01 01 0 10 000 0000 Miss *hits* 1408 0101 1000 0000 01		0100 1011 0000	01	001	011 0000	1-1155	
128		0000 0011 1000	00	00.0	011 1000	Micc	1
128 0000 1000 0000 00 00 1 000 0000 Miss 256 0001 0000 0000 00 01 0 000 0000 Hit *hits* 384 0001 0000 0000 00 01 1 000 0000 Hit *hits* 512 0010 0000 0000 00 10 1 000 0000 Hit *hits* 640 0011 0000 0000 00 11 0 000 0000 Hit *hits* 896 0011 1000 0000 00 11 1 000 0000 Miss *hits* 1024 0100 0000 0000 01 00 1 001 0000 0000 Miss 1280 0101 1000 0000 01 01 0 00 0000 0000 Miss 1280 0101 1000 0000 01 01 0 10 000 0000 Miss *hits* 1408 0101 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss *hits* <td></td> <td> 0000 0011 1000</td> <td> 00</td> <td>000</td> <td>011 1000</td> <td></td> <td></td>		0000 0011 1000	00	000	011 1000		
		0000 1000 0000	00	00.1	000 0000		
256 0001 0000 0000 00 01 0 000 0000 Hit		0000 1000 0000	00	001	000 0000		
hits		0001 0000 0000	00	01.0	000 0000		
384 0001 1000 0000 00 01 1 000 0000 Hit 0010 0000 0000 00 10 0 000 0000 Hit 0010 1000 0000 00 10 1 000 0000 Hit 0011 0000 0000 00 11 0 000 0000 Hit 0011 1000 0000 00 11 1 000 0000 Hit 0011 1000 0000 00 11 1 000 0000 Miss 0100 1011 0000 01 00 1 01 1 000 0000 Miss 0101 1000 0000 01 01 0 000 0000 Miss 0101 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss 0101 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss 0101 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss		0001 0000 0000	00	010	000 0000		
		0001 1000 0000	00	01.1	000 0000		
512 0010 0000 0000 00 10 0 000 0000 Hit *hits* *hits* 640 0010 1000 0000 00 10 1 000 0000 Hit *hits* 768 0011 0000 0000 00 11 0 000 0000 Hit *hits* 896 0011 1000 0000 01 00 0 000 0000 Miss *hits* 1024 0100 0000 0000 01 00 1 011 0000 Miss *hits* 1280 0101 0000 0000 01 01 0 000 0000 Miss *hits* 1408 0101 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss *hits*		0001 1000 0000	00	011	000 0000		
hits 4x 9 miss 5 times 4x 9 miss 5 times 4x 9 miss 640 0011 0000 0000 00 10 1 000 0000 Hit *hits* 1280 0101 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss *hits* 1408 0101 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss *hits* 1408 0101 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss *hits* *hits* *hits* .		0010 0000 0000	00	10.0	000 0000		
640 0010 1000 0000 00 10 1 000 000		0010 0000 0000	00	10 0	000 0000		9 times
		0010 1000 0000	00	10.1	000 0000		$(4 \times 9 \text{ miss})$
768 0011 0000 0000 00 11 0 000 0000 Hit 896 0011 1000 0000 00 11 1 000 0000 Hit 1024 0100 0000 0000 01 00 0 000 0000 Miss *hits* 1200 0100 1011 0000 01 01 0 01 0 000 0000 Miss *hits* 1408 0101 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss *hits*		0010 1000 0000	00	10 1	000 0000		
		0011 0000 0000	00	11.0	000 0000		
896 0011 1000 0000 00 11 1 000 0000 Hit *hits* 1024 0100 0000 0000 01 00 0 000 0000 Miss *hits* 1200 0100 1011 0000 01 00 1 011 0000 Miss *hits* 1280 0101 0000 0000 01 01 0 000 0000 Miss *hits* 1408 0101 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss *hits*		0011 0000 0000	00	110	000 0000		
		0011 1000 0000	0.0	111	000 0000		
1024 0100 0000 0000 01 00 0 000 0000 Miss *hits* 1200 0100 1011 0000 01 00 1 011 0000 Miss *hits* 1280 0101 0000 0000 01 01 0 000 0000 Miss *hits* 1408 0101 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss *hits*		0011 1000 0000	00	111	000 0000		
		0100 0000 0000	0.1	00.0	000 0000		
1200 0100 1011 0000 01 001 011 0000 Miss 1280 0101 0000 0000 01 0 000 0000 Miss *hits* 1408 0101 1000 0000 01 1 000 0000 Miss *hits*	1024	0100 0000 0000	01	000	000 0000		
		0100 1011 0000	0.4	004	014 0000		
1280 0101 0000 0000 01 01 0 000 0000 Miss *hits* 1408 0101 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss *hits*	1200	0100 1011 0000	01	001	011 0000		J
1408 0101 1000 0000 01 01 1 000 0000 Miss *hits*	1280	0101 0000 0000	01	010	000 0000		
hits							
	1408	0101 1000 0000	01	011	000 0000		
1504 0101 1110 0000 01 01 1 110 0000 Hit							
	1504	0101 1110 0000	01	011	110 0000	Hit	

 $Total\ misses = 10 + (4 \times 9) + 2 = 48\ misses$