

## Pregunta 8

Un programa està compost de dos mòduls que es compilen i assemblen separatament per generar sengles fitxers objecte. Per a generar l'executable cal enllaçar-los després amb el muntador. El codi en C dels dos mòduls és el següent:

```
MODUL 1: int main() { f(V[X]); }
```

```
MODUL 2: void f(int i) { Y=i; }
```

Les variables *v*, *x*, *y* són globals. Hem traduït els dos fitxers a MIPS amb el següent resultat (hem afegit a l'esquerra els números de línia per facilitar les respostes posteriors):

MÒDUL 1	MÒDUL 2
<pre>1      .data 2      .globl V 3  V:   .word 1, 2, 3, 4, 5 4  Y:   .word 0  5      .text 6      .globl main 7  main: addiu \$sp, \$sp, -4 8         sw   \$ra, 0(\$sp  9      la     \$t0, X 10     lw     \$t1, 0(\$t0) # \$t1 &lt;- X 11     la     \$t2, V 12     sll    \$t3, \$t1, 2 13     addu   \$t4, \$t2, \$t3 14     lw     \$a0, 0(\$t4) # \$a0 &lt;- V[X] 15     jal    f  16     lw     \$ra, 0(\$sp) 17     addiu  \$sp, \$sp, 4 18     jr     \$ra</pre>	<pre>1      .data 2      .globl X 3  X:   .word 3  4      .text 5      .globl f 6  f:   la     \$t0, Y 7         sw   \$a0, 0(\$t0) # Y &lt;- \$a0 8         jr   \$ra</pre>

Repassem primer els processos d'assemblatge i enllaçat que hem vist a teoria:

1. L'assemblatge d'un mòdul comença ubicant dades i instruccions en cada secció i anotant, per cada símbol (etiqueta) definit, la distància relativa a l'inici de la seva secció. D'aquestes etiquetes, algunes d'elles estan declarades globals amb la directiva `.globl` a fi que l'enllaçador les pugui exportar a altres mòduls, i per tant s'emmagatzemen a la **Taula de Símbols Globals**.
2. Durant la codificació de les instruccions algunes d'elles contenen adreces absolutes (etiquetes) tant de la secció `.data` com de la secció `.text`. Fins que l'enllaçador no ajunti els diversos mòduls, no es podrà conèixer l'adreça definitiva a codificar, de manera que l'assemblador els assigna simplement una adreça provisional, que pot ser de dos tipus:
  - Si l'etiqueta està definida en el propi mòdul, s'hi codifica el desplaçament relatiu a l'adreça base de la secció, i s'afegeix la instrucció a una **Llista de Reubicació**.
  - Si l'etiqueta no està definida en el propi mòdul, l'assemblador pressuposa que la definició la trobarà l'enllaçador en la Taula de Símbols Globals d'un altre mòdul. Hi codifica provisionalment un zero, i afegeix la instrucció a la **Llista de Referències No-resoltes**.

Ara assemblem els dos mòduls del problema, per separat, tal com estan escrits:

- El mòdul 1 defineix  $v, y$  i  $main$ . La Taula de Símbols Globals contindrà  $v$  i  $main$ .
- El mòdul 2 defineix  $x$  i  $f$ . La Taula de Símbols Globals contindrà  $x$  i  $f$ .
- Les instruccions amb adreces absolutes del mòdul 1 són a les línies 9 ( $x$ ), 11 ( $v$ ) i 15 ( $f$ ). D'aquestes, la línia 11 va a la Llista de Reubicació, i les línies 9 ( $x$ ), 15 ( $f$ ) van a Referències No-Resoltes.
- Les instruccions amb adreces absolutes del mòdul 2 són la línia 6 ( $y$ ), i va a Referències No-Resoltes.

Ara enllacem aquests dos mòduls. L'enllaçador intenta resoldre les referències creuades:

- Mòdul 1:  $x$  (línia 9) i  $f$  (línia 15) definides a la Taula de Símbols Globals del mòdul 2.
- Mòdul 2:  $y$  (línia 6) no definida a la Taula de Símbols Globals del mòdul 1: ERROR!!

Per corregir l'error, el programador observa que el mòdul 1 té definida com a global l'etiqueta  $V$ , però en realitat la que s'ha de definir global no és  $V$  sinó  $Y$ , ja que  $V$  no es fa servir al mòdul 2 però  $Y$  sí. Així doncs, la solució definitiva és:

- a) Quan hem intentat enllaçar els dos fitxers objecte generats per l'assemblador, l'enllaçador ha detectat un error. Com caldrà corregir el codi MIPS perquè no torni a fallar?

mòdul: 1

codi corregit: **canviar la línia 2 per: .globl Y**

- b) Contesta les següents 3 preguntes suposant que s'ha corregit l'error anterior i que conservem la numeració de línies original:

Pregunta	MÒDUL 1	MÒDUL 2
Quines etiquetes conté la Taula de Símbols Globals de cada fitxer objecte?	<b>Y, main</b>	<b>X, f</b>
Quines línies de codi en cada fitxer objecte (sols el número) contenen referències <b>no-resoltes</b> (referències creuades)?	<b>9, 15</b>	<b>6</b>
Quines línies de codi en cada fitxer objecte (sols el número) contenen <b>adreces absolutes</b> (i necessiten ser reubicades)?	<b>9, 11, 15</b>	<b>6</b>