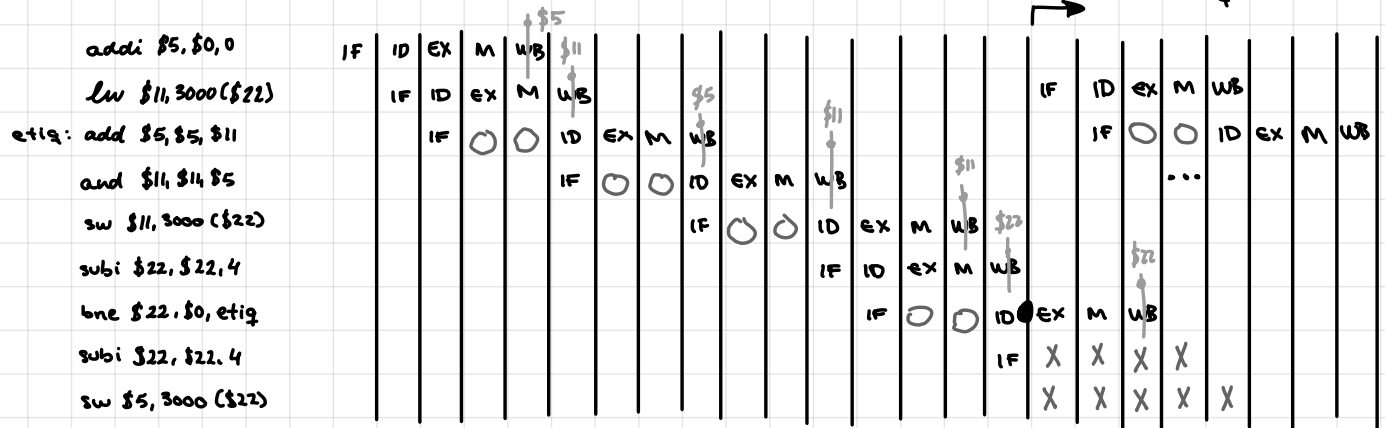


Ejercicio 2

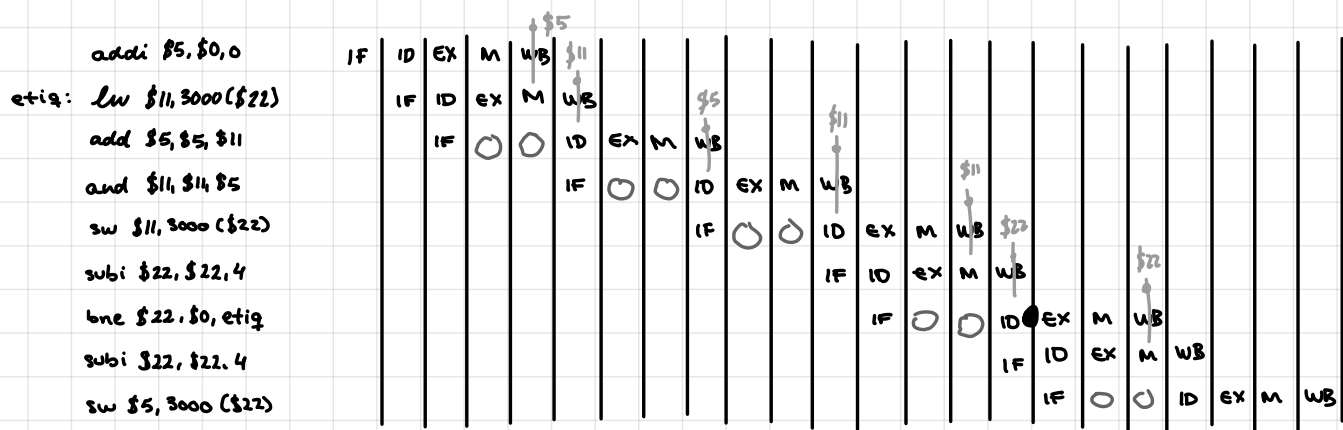
Considerar la estructura segmentada en cinco etapas del procesador MIPS, con hardware para la detección de riesgos por dependencias de datos e **inserción de burbujas** para garantizar la correcta ejecución de los programas. Respecto a las dependencias de control, el controlador implementa la suposición de *salto no realizado*. Todos los **saltos se resuelven en la etapa de decodificación**. El banco de registros permite la lectura y escritura simultánea de un mismo registro sin conflicto. Sea el siguiente programa, donde se han numerado las instrucciones para facilitar referenciarlas:

```
#1      addi $5, $0, 0
#2  etiq: lw $11, 3000($22)
#3      add $5, $5, $11
#4      and $11, $11, $5
#5      sw $11, 3000($22)
#6      subi $22, $22, 4
#7      bne $22, $0, etiq
#8      subi $22, $22, 4
#9      sw $5, 3000($22)
```

En caso de que falle la predicción (es decir, salte):



En caso de que no salte:



a). Para resolver los riesgos por dependencias de datos, ¿cuántas burbujas ha sido necesario introducir por cada iteración del bucle? 8

¿y cuántas cuando se sale del mismo? $8 + 2 = 10$
 ↑ ↑
 bucle inst #9

• ¿Cuántos ciclos se pierden cada vez que en la instrucción #7 se falla en la predicción? 1, pues los saltos se resuelven en 10.

- Para ejecutar correctamente la inst. #3 ha sido necesario insertar dos burbujas

¿Cuántas veces ha sido útil la anticipación dentro del banco de registros para ahorrar ciclos por cada iteración del bucle?

4 veces, 1 por cada instrucción a la que se le añaden burbujas (ya que gracias a la anticipación se introducen 2 burbujas en vez de 3).

c) y cuando se sale del mismo? 1, por la instrucción #9

b) Bucle 1000 veces $\left\{ \begin{array}{l} \text{Salta 999 veces} \\ \text{no salta 1 vez} \end{array} \right.$

• La instrucción #8 se ha cancelado 999 veces

• ¿Cuántas instrucciones han terminado de ejecutarse? $IC = 3 + 6 \cdot 1000 = 6003$

• ¿Cuántos ciclos han transcurrido en total?

\uparrow n° instr. \uparrow n° iteraciones
bucle

ciclos = 4 (llenado cauce) + 1 (addi fuera bucle) + (6 + 8) (6 instrucciones en primera iteración con 8 burbujas) + (14 + 1) * 999 (iteraciones a partir de la segunda, penalizadas por fallo en predicción del bne de la iteración anterior, que termina en ID) + (2 + 2) (2 inst. fuera del bucle con 2 burbujas) = 4 + 1 + 14 + 15 * 999 + 4 = 15008

• ¿Cuál sería el CPI para ese trozo de código?

~~$$CPI = \frac{\text{Ciclos}}{IC} = \frac{15008}{6003} = 2.5$$~~

