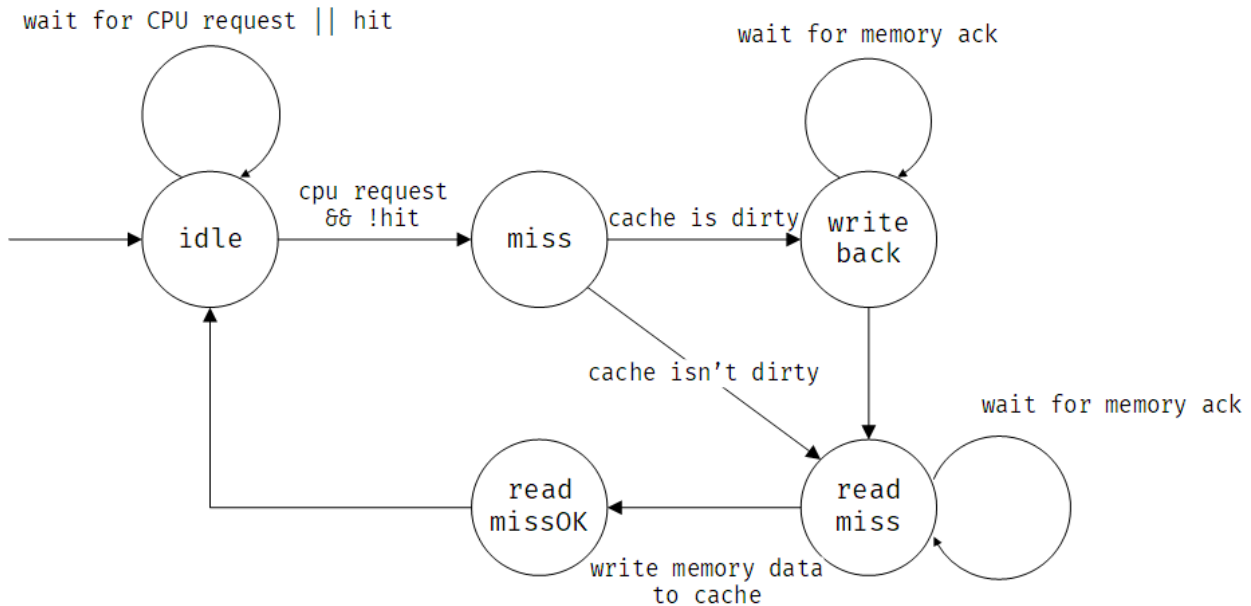


Module Explanation

1. cache controller

在 `dcache_controller.v`，它會存自己的 state，在每個 cycle 改變 state 並設定 `mem_enable`、`mem_write`、`cache_write` 和 `write_back` 四個變數，同時決定下一個 state。這四個變數會決定 cache controller 要傳給 data memory 和 cache 的東西。假設 cache 回傳 hit 的話，就可以直接在 `r_hit_data` 和 `w_hit_data` 上操作，等到 cache miss 的時候再把寫過的 data 傳回去 data memory。可以參考以下的 FSM。



2. cache sram

在 `dcache_sram.v`，接在 cache controller 上，它用 LRU 的方式存 cache。它會先檢查 `tag_i` 是否在 cache 裡面且是 valid 的，並輸出對應的 `data_o`。LRU 的實作方法是用一個陣列存上次 read 的是 0 還是 1，並依此決定要把哪個換掉。

3. CPU

基於上次 lab 的 CPU 做修改，主要是把上次的 data memory 換成 cache controller，然後把 Mem-Stall 訊號接到各個 pipeline register 和 PC 上，以及把要給 data memory 的訊號接到 cache controller 上。

4. other

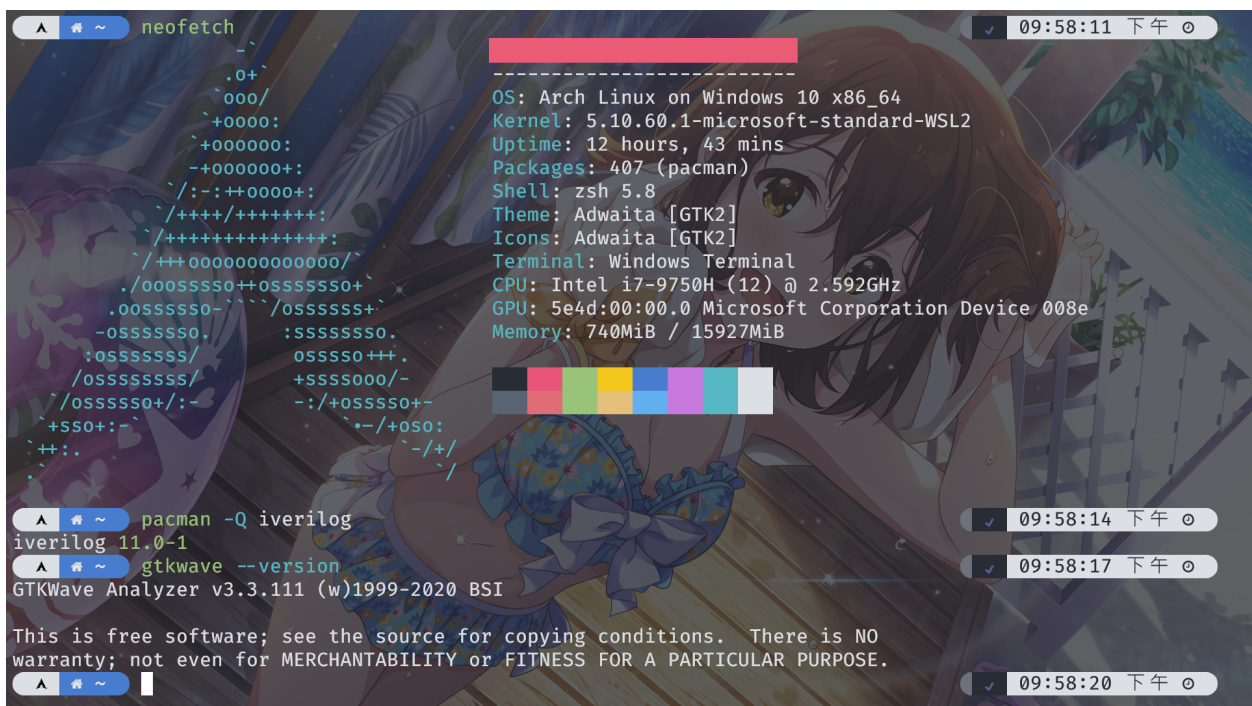
都是從 lab1 直接搬過來，然後做一些小修改。在 4 個 pipeline register 加上 MemStall 這個 input，用來在 cache read/write miss 時 stall。把上次的 ALU 的 input 加上 signed，原因在 Difficulties Encountered 那邊。

Difficulties Encountered and Solutions in This Lab

1. ALU 的 srar 寫錯，一直錯第二個測資，後來發現是沒有加 signed。
2. cache controller 裡的 r_hit_data 和 w_hit_data 陣列取值原本是寫 (cpu_offset >> 2) << 5，結果會錯。後來才發現這樣寫不管怎樣取的都是 0 的位子，因為 cpu_offset 只有 5 個 bit，後面的 shift 5 改成乘以 32 就可以了。
3. 在測試最後的 cache flush 會把 data memory 歸零，後來在 testbench 加入判定 tag valid 就好了。

Development Environment

- ArchWSL 21.8.28.0 @ windows 11 professional 21h2 22000.434
- Linux kernel version: 5.10.60.1-microsoft-standard-WSL2
- iverilog version: 11.0 (stable)
- gtkwave version: 3.3.111



The screenshot shows a terminal window with a dark background and a light blue border. The terminal output includes system information and command execution results. The system information section lists the OS as Arch Linux on Windows 10 x86_64, Kernel as 5.10.60.1-microsoft-standard-WSL2, Uptime as 12 hours, 43 mins, Packages as 407 (pacman), Shell as zsh 5.8, Theme as Adwaita [GTK2], Icons as Adwaita [GTK2], Terminal as Windows Terminal, CPU as Intel i7-9750H (12) @ 2.592GHz, GPU as 5e4d:00:00.0 Microsoft Corporation Device 008e, and Memory as 740MiB / 15927MiB. The command execution section shows the user running 'pacman -Q iverilog' which returns 'iverilog 11.0-1', and 'gtkwave --version' which returns 'GTKWave Analyzer v3.3.111 (w)1999-2020 BSI'. A copyright notice is also displayed at the bottom.

```
neofetch
OS: Arch Linux on Windows 10 x86_64
Kernel: 5.10.60.1-microsoft-standard-WSL2
Uptime: 12 hours, 43 mins
Packages: 407 (pacman)
Shell: zsh 5.8
Theme: Adwaita [GTK2]
Icons: Adwaita [GTK2]
Terminal: Windows Terminal
CPU: Intel i7-9750H (12) @ 2.592GHz
GPU: 5e4d:00:00.0 Microsoft Corporation Device 008e
Memory: 740MiB / 15927MiB

pacman -Q iverilog
iverilog 11.0-1

gtkwave --version
GTKWave Analyzer v3.3.111 (w)1999-2020 BSI

This is free software; see the source for copying conditions. There is NO
warranty; not even for MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.
```