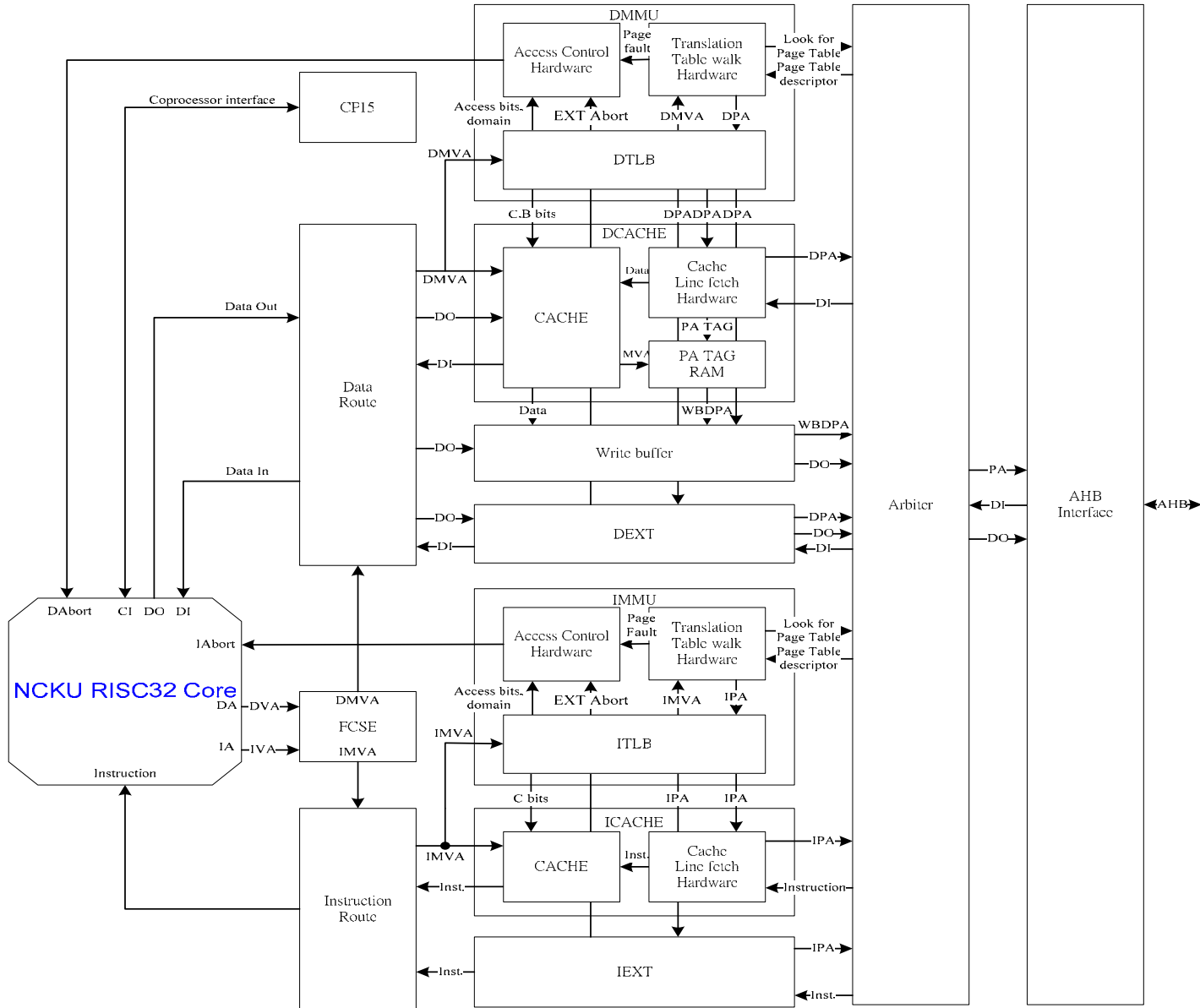


成大第一顆全功能運轉 Linux作業系統成功的一般用途微處理器

成大電機系陳中和

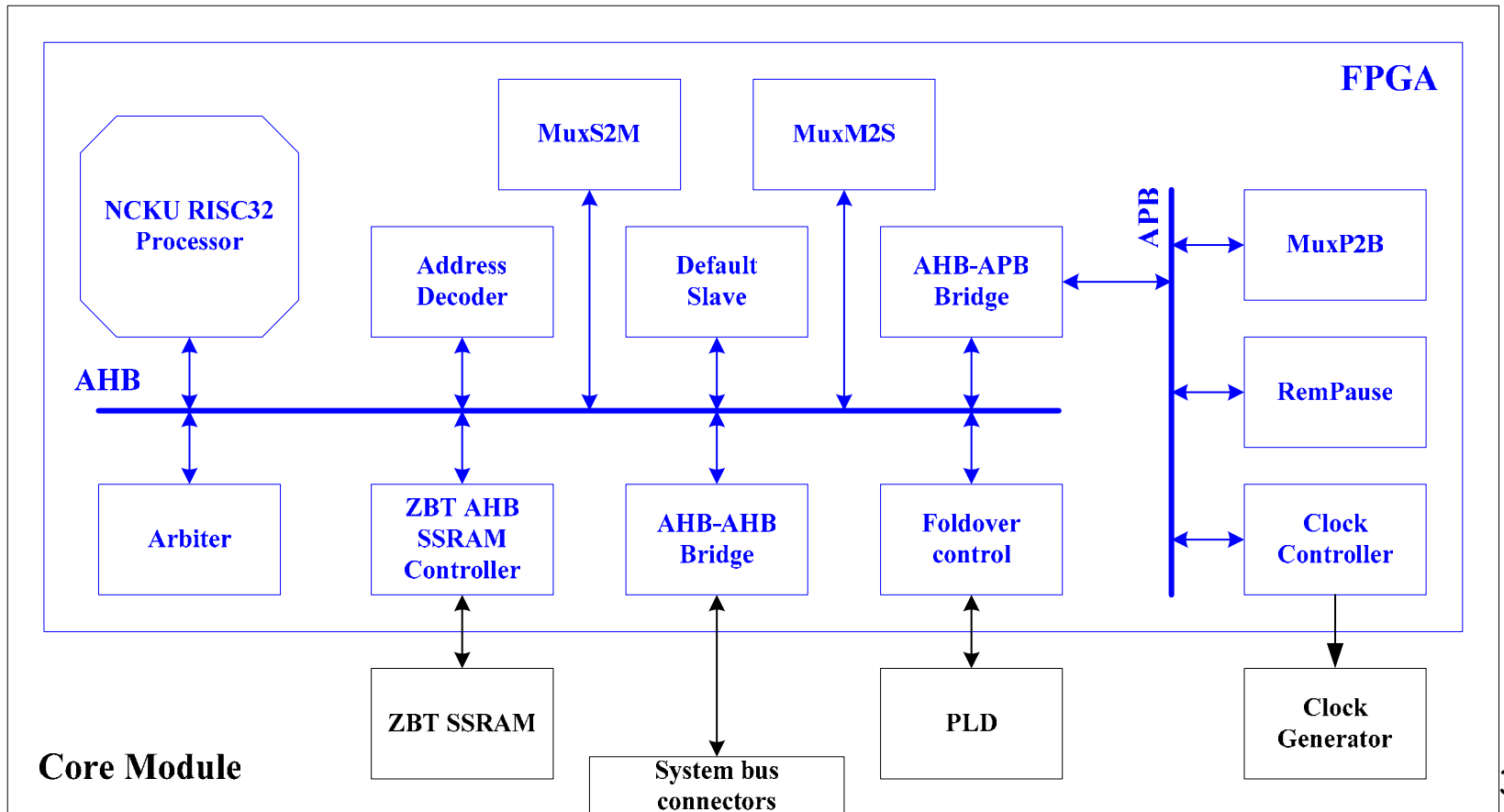
- ⊕ 歷經三年開發
- ⊕ 歷經 12個月作業系統移植與印證平台建立
- ⊕ 可能是全國各大學第一顆經Linux作業系統印證成功的ARM9 相容處理器
 - 包含記憶體管理系統與快取記憶體
 - 五級管線化設計
- ⊕ 所發展的印證平台為一個雙處理器平台, 支援multi-clock domain

NCKU RISC32 Processor Block Diagram



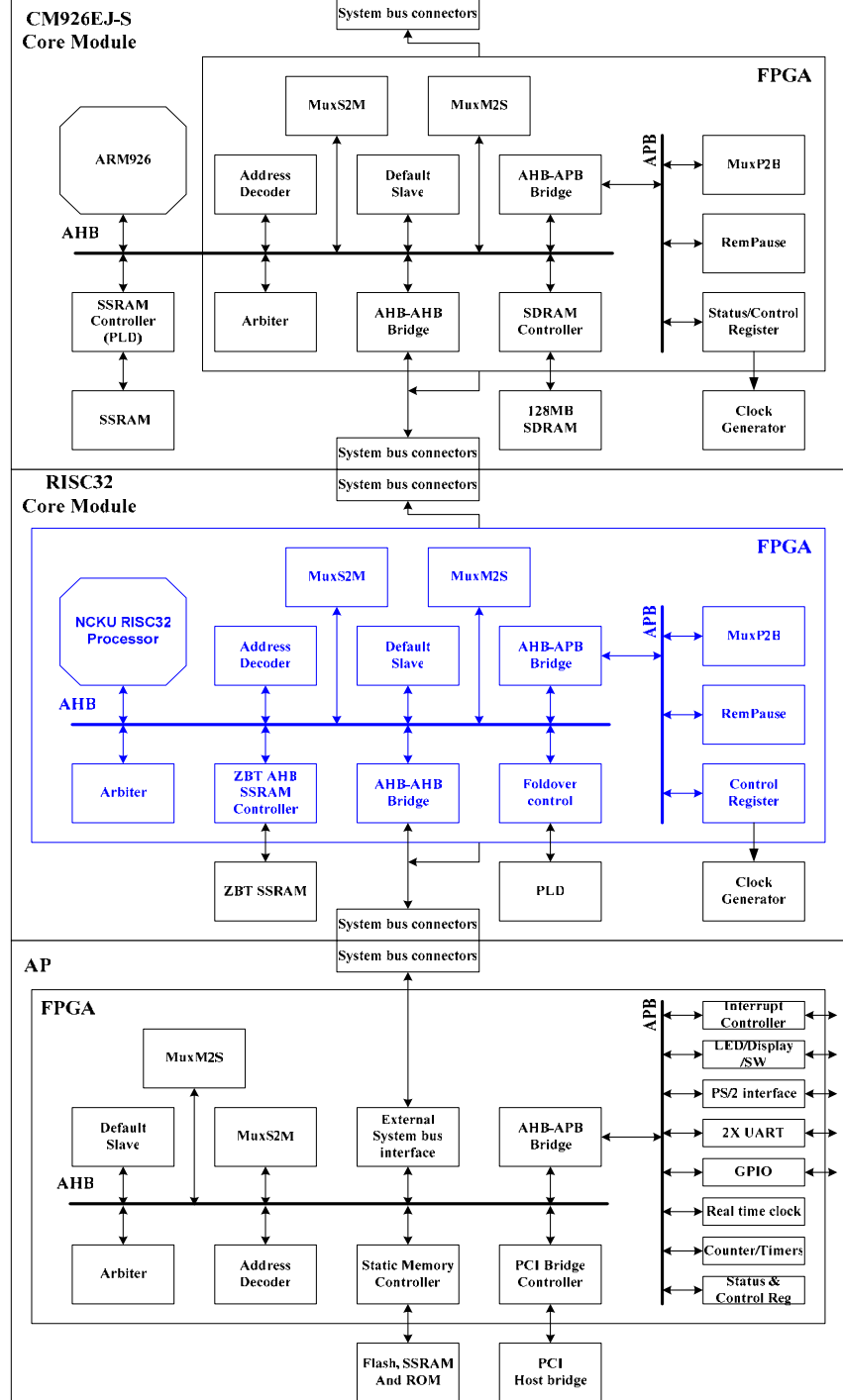
NCKU RISC32 Processor on AHB Bus

- 包含快取記憶體設計的NCKU RISC32 Processor 被連接到 AHB 匯流排上, 需經由 AHB-AHB bridge 始可存取到位於其他兩塊 FPGA 板上的記憶體與I/O資源, 整個環境需要系統設計的domain knowledge



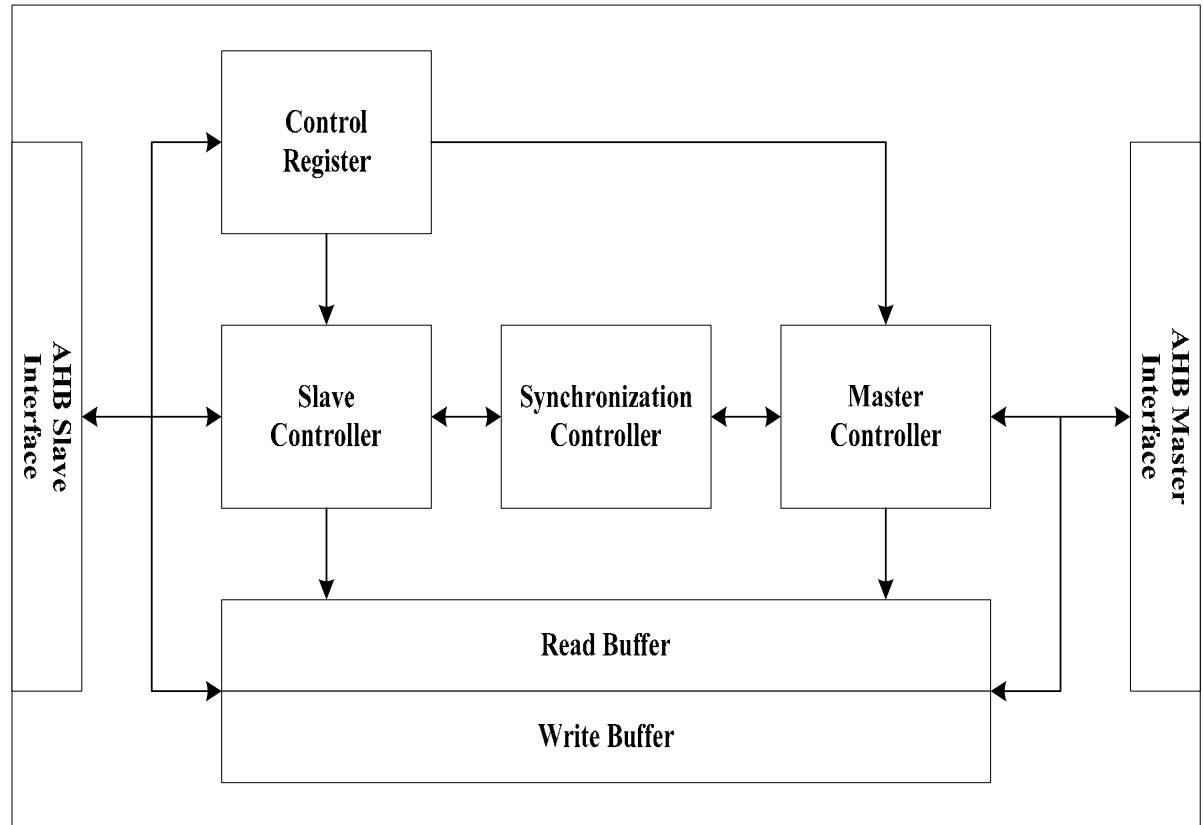
Dual CPU Verification Platform

- 上方為 ARM 原廠處理器, 模組中的 128MB SDRAM 為 NCKU RISC32 處理器所使用, 包含 2MB 的 RAM disk
- 中間為 NCKU RISC32 處理器, 這個模組有 1 MB SSRAM 可用
- 下方主板提供 32MB flash ROM, 512KB SSRAM, UART, PCI Bus Interface, Interrupt Controller, Timer 等周邊裝置給 NCKU RISC32 使用
- 三個 FPGA 板間的匯流排採用自行設計的 AHB-AHB bridge, 讓三個 FPGA 板運轉在不同 clock rate
- 中間模組的 Remap and Pause Controller 將原本分散於各處的記憶體空間重新對映, 使其成為連續且不間斷的記憶體空間, 增加作業系統對記憶體使用的便利性



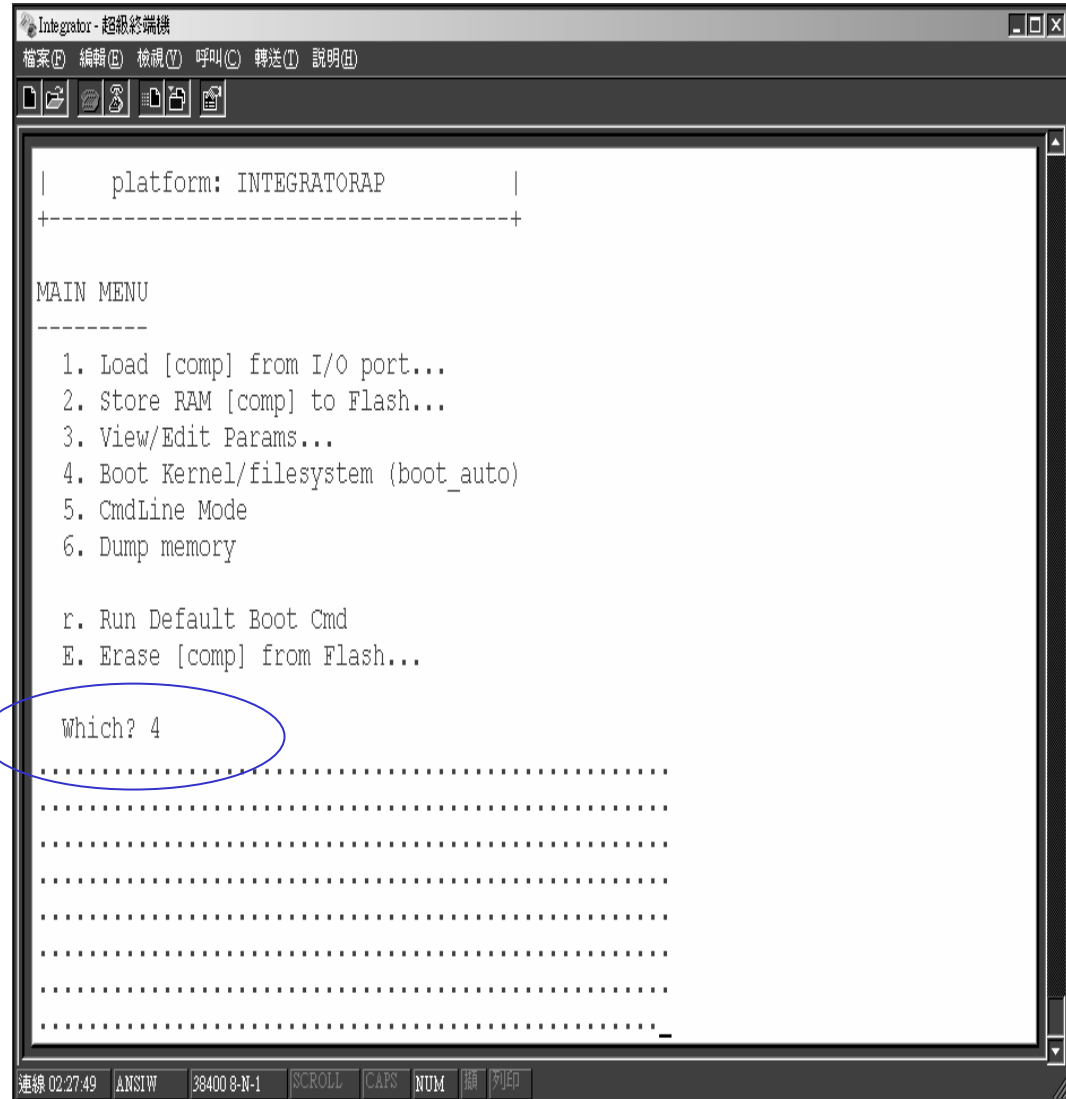
AHB-AHB Bridge

- ⊕ AHB-AHB bridge讓三個FPGA板運轉在不同clock rate
- ⊕ 支援不同clock domain的雙核心系統更具彈性
- ⊕ 因cache size的不同, 合成出的design速度會不相同



Results - Boot loader

- ⊕ NCKU RISC32 處理器執行boot loader 情況：顯示boot loader將Linux Kernel由Flash ROM載入RAM的過程
- ⊕ Boot loader 所提供之功能：初始化 NCKU RISC32內部暫存器、設定RAM、ROM、UART等，並將Linux Kernel映像檔案載入到RISC32處理器模組之本地SRAM與ARM926核心模組板上的SDRAM，之後執行它以進行Linux boot up程序

The image shows a terminal window titled "Integrator - 超級終端機". The terminal displays the following text:

```
| platform: INTEGRATORAP |  
+-----+  
MAIN MENU  
-----  
1. Load [comp] from I/O port...  
2. Store RAM [comp] to Flash...  
3. View/Edit Params...  
4. Boot Kernel/filesystem (boot_auto)  
5. CmdLine Mode  
6. Dump memory  
  
r. Run Default Boot Cmd  
E. Erase [comp] from Flash...  
  
Which? 4
```

The text "Which? 4" is circled in blue. At the bottom of the terminal window, there is a status bar with the following text: "連線 02:27:49 ANSIW 38400 8-N-1 SCROLL CAPS NUM 關 列印".

Results - Linux Command: ps/free/df

✦ ps 顯示當時系統中的process狀況

✦ free 顯示系統記憶體使用狀態

✦ df 顯示 file system 狀況,本系統使用2MB的記憶體當 RAM disk

```

Integrator - 超級終端機
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 呼叫(O) 轉送(T) 說明(H)

# ps
  PID TTY          Uid    Size State  Command
    1   0            0      616  S     init
    2   0            0         0  S     [keventd]
    3   0            0         0  S     [ksoftirqd_CPU0]
    4   0            0         0  S     [kswapd]
    5   0            0         0  S     [bdflood]
    6   0            0         0  S     [kupdated]
   58   0            0      696  S     /bin/sh
  132   0            0      612  R     ps

#
# free
              total        used        free      shared    buffers
Mem:          128084         3924       124160           0         32
Swap:           0             0             0
Total:        128084         3924       124160

#
# df -h
Filesystem                Size      Used Available Use% Mounted on
/dev/root                  2.0M     816.0k    1.2M   41% /

#
-

```

連線 00:02:57 ANSIW 38400 8-N-1 SCROLL CAPS NUM 顯示 列印

Results - Text Editor: vi

展示系統使用經典Unix text editor vi之狀況，令人懷念的vi

```

Integrator - 超級終端機
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 呼叫(C) 轉送(T) 說明(H)

#include <stdio.h>

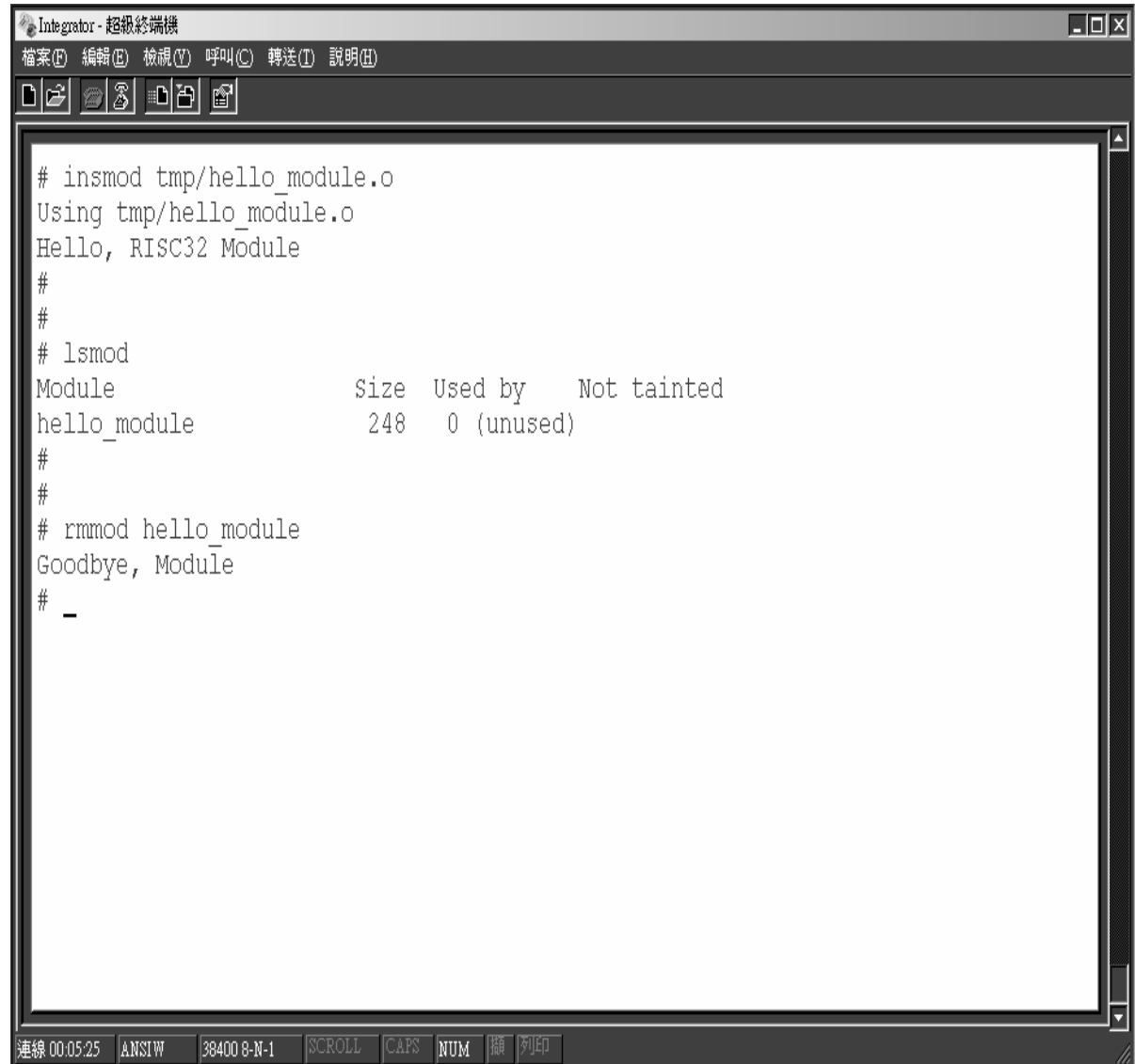
int main()
{
    printf("Hello, RISC32.\n");
}
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
-- Insert --

連線 02:49:30  ANSISW  38400 8-N-1  SCROLL  CAPS  NUM  關  列印

```

Results - insmod/lsmmod/rmmmod

- 顯示執行模組相關命令的情形
- insmod掛載模組
- lsmod列出目前掛載的模組
- rmmod則移除模組

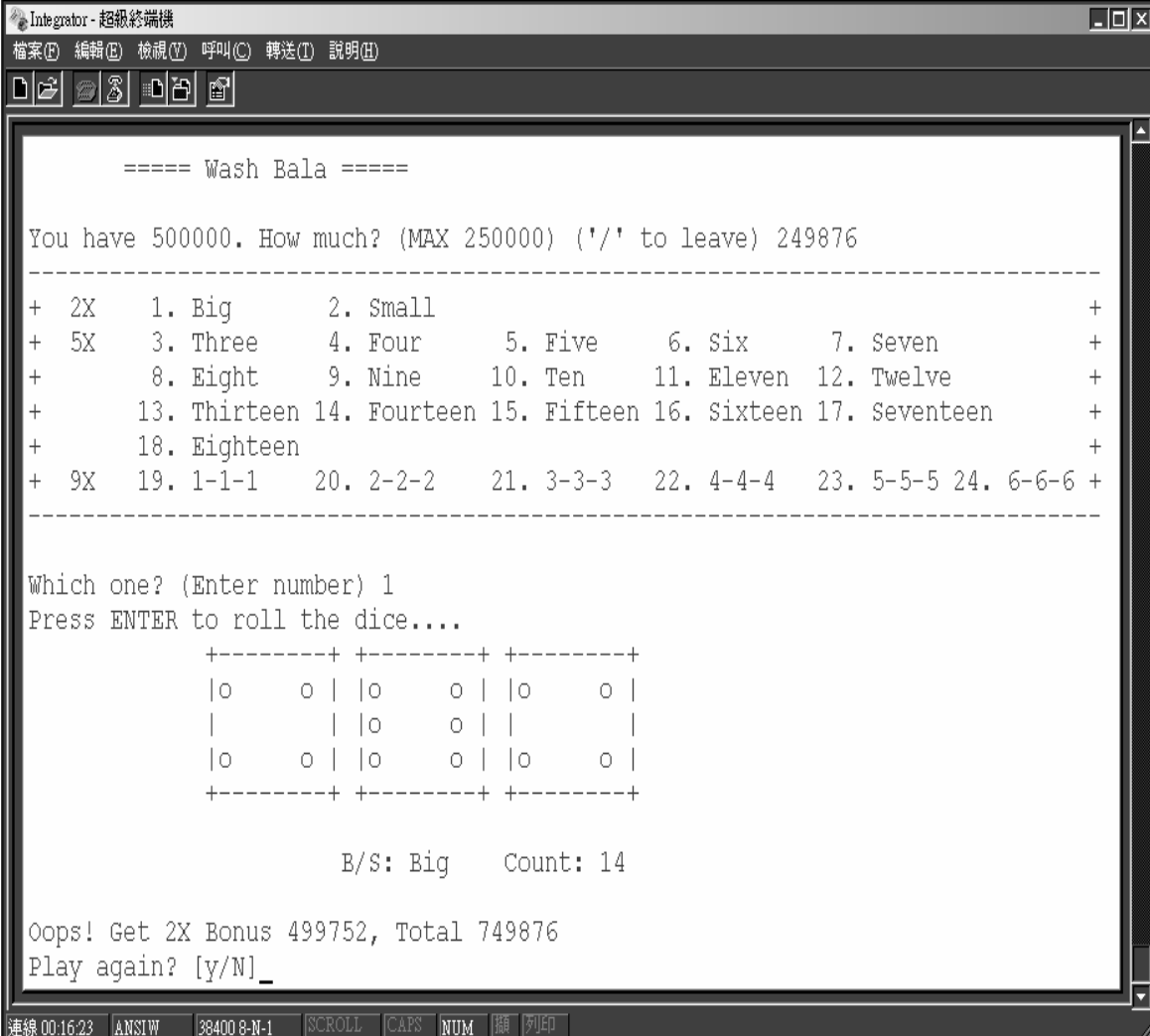


```
Integrator - 超級終端機
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 呼叫(C) 轉送(T) 說明(H)
# insmod tmp/hello_module.o
Using tmp/hello_module.o
Hello, RISC32 Module
#
#
# lsmod
Module                Size  Used by    Not tainted
hello_module          248    0 (unused)
#
#
# rmmod hello_module
Goodbye, Module
#
-
```

連線 00:05:25 ANSIW 38400 8-N-1 SCROLL CAPS NUM 擴 列印

Results - Game: dice

- 展示系統 run 遊戲程式 dice 的情況



```
Integrator - 超級終端機
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 呼叫(C) 轉送(T) 說明(H)

===== Wash Bala =====

You have 500000. How much? (MAX 250000) ('/' to leave) 249876
-----
+ 2X  1. Big      2. Small      +
+ 5X  3. Three   4. Four      5. Five      6. Six      7. Seven    +
+      8. Eight   9. Nine     10. Ten     11. Eleven   12. Twelve  +
+     13. Thirteen 14. Fourteen 15. Fifteen 16. Sixteen 17. Seventeen +
+     18. Eighteen  +
+ 9X  19. 1-1-1  20. 2-2-2  21. 3-3-3  22. 4-4-4  23. 5-5-5  24. 6-6-6  +
-----

Which one? (Enter number) 1
Press ENTER to roll the dice....

+-----+ +-----+ +-----+
|o   o | |o   o | |o   o |
|      | |o   o | |      |
|o   o | |o   o | |o   o |
+-----+ +-----+ +-----+

                               B/S: Big    Count: 14

Oops! Get 2X Bonus 499752, Total 749876
Play again? [y/N]_
```

連線 00:16:23 ANSIV 38400 8-N-1 SCROLL CAPS NUM 關 列印

結論

- ⊕ 實作成功全功能支援現代化作業系統的處理器
- ⊕ 雙 CPU 印證平台,採multi-clock domain設計增加使用彈性
- ⊕ 全國各大學第一顆boot Linux 成功之 ARM9 相容管線化處理器
 - 開啟不同方向的研究計畫,如 CPU testing
 - 支援群體計畫之進行,尤其是 SoC 相關計畫
 - 參與 CIC MPSoC 計畫,進行處理器之silicon proof
- ⊕ 處理器設計要讓一般用途的作業系統跑起來才算數
 - 很多與系統相關、管線實現的bugs 會被檢驗出來

Contributor

⊕ NCKU CPU

➤ 盧泰樺, 王建章, 許照賢, 韋智凱

⊕ Dual Processor verification platform

➤ 盧泰樺

⊕ Linux Porting

➤ 高洵偉

⊕ Verified by

➤ 盧泰樺, 高洵偉, 韋智凱