

嵌入式作業系統設計、實做，與移植 (2015 年春季) 課程成果回顧

Jim Huang (黃敬群) <jserv.tw@gmail.com>

台灣國立成功大學資訊工程系

Jun 16, 2015



EMBEDDED

「哥教的不是知識，是 guts！」

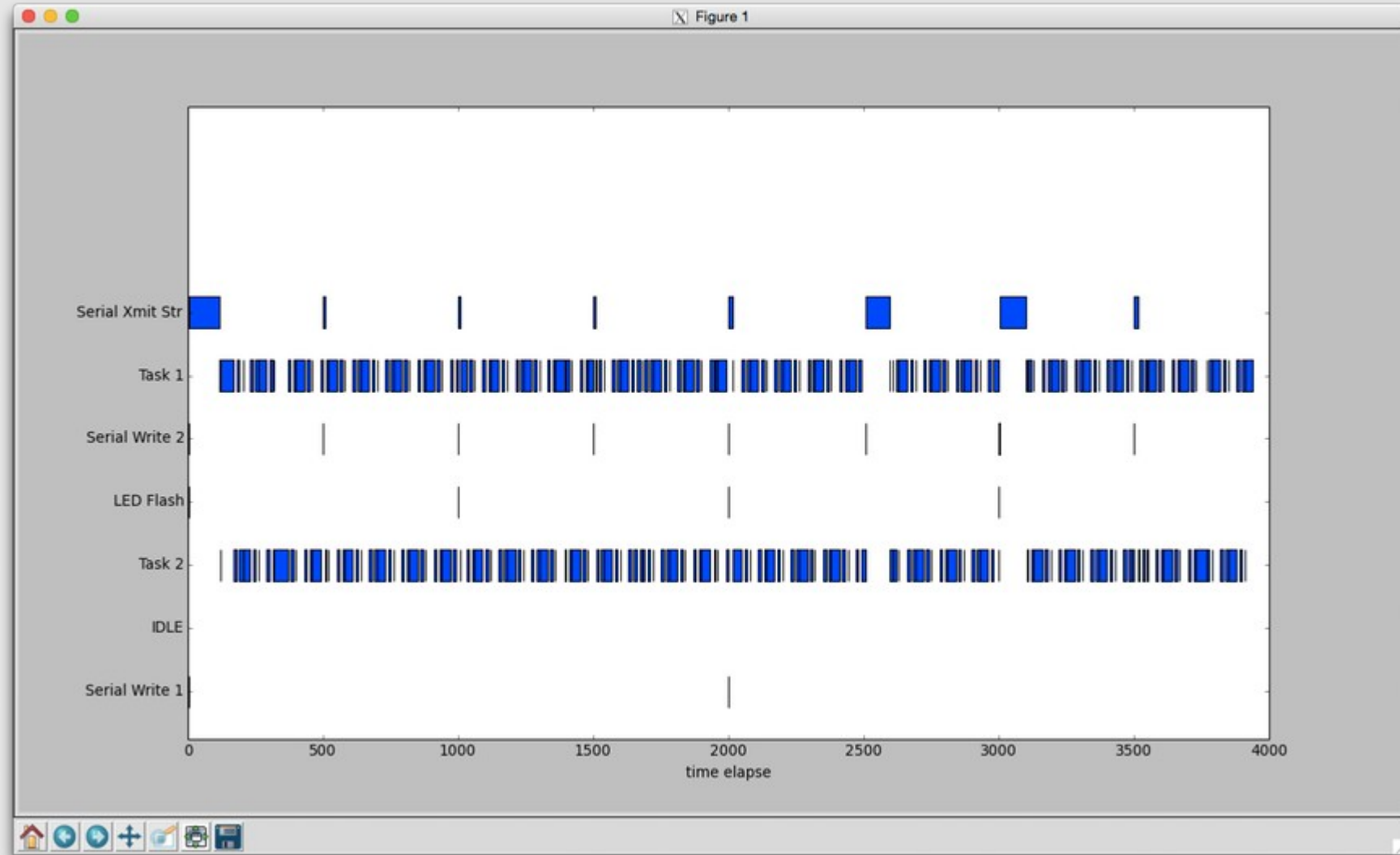
- GUTS：與其死板傳授片面的知識，還不如讓學生有能力、有勇氣面對資訊科技產業的種種挑戰
- 希望學生畢業那刻，身心知識方面是富足的，不要「窮得只剩下畢業證書」
 - 就算你只考上成大，學校應該讓你站在台大畢業生旁，因為專業素養和視野都獲得成長，而不會感到自卑
- 目標：兼顧理論和實務、開拓視野，從做中學學習、從做中肯定自己

課程產出

- 開放原始碼貢獻：QEMU, u-boot, RT-Thread, Xvisor
- FreeRTOS 的效能分析和視覺化工具
- FreeRTOS 的 ARM MMU 支援
- rtenv+: 發揮 ARM Cortex-M 特性
- Linux/ARM 效能分析和大量中文文件 (含 **no-mmu**)
- Xenomai 3 效能分析和原理探討
- Xvisor + ARMv8(全世界最豐富的繁體中文文件)

FreeRTOS 效能分析

- FreeRTOS distribution
- 用 matplotlib 繪製 task 執行時序圖
- context switch + interrupt latency



FreeRTOS 的 ARM MMU 支援

- ARMv7-A

```
U-Boot 2014.04-00014-g8732558 (Apr 18 2014 - 14:53:44)

I2C:   ready
DRAM:  512 MiB
NAND:  0 MiB
MMC:   OMAP SD/MMC: 0, OMAP SD/MMC: 1
*** Warning - readenv() failed, using default environment

Net:   <ethaddr> not set. Validating first E-fuse MAC
cpsw, usb_ether
Hit any key to stop autoboot:  0
gpio: pin 53 (gpio 53) value is 1
mmc0 is current device
gpio: pin 54 (gpio 54) value is 1
SD/MMC found on device 0
reading uEnv.txt
91 bytes read in 5 ms (17.6 KiB/s)
gpio: pin 55 (gpio 55) value is 1
Loaded environment from uEnv.txt
Importing environment from mmc ...
Checking if uenvcmd is set ...
gpio: pin 56 (gpio 56) value is 1
Running uenvcmd ...
reading rtosdemo-a.bin
31140 bytes read in 7 ms (4.2 MiB/s)
## Starting application at 0x80500000 ...
Starting FreeRTOS
task1
blinktask
```

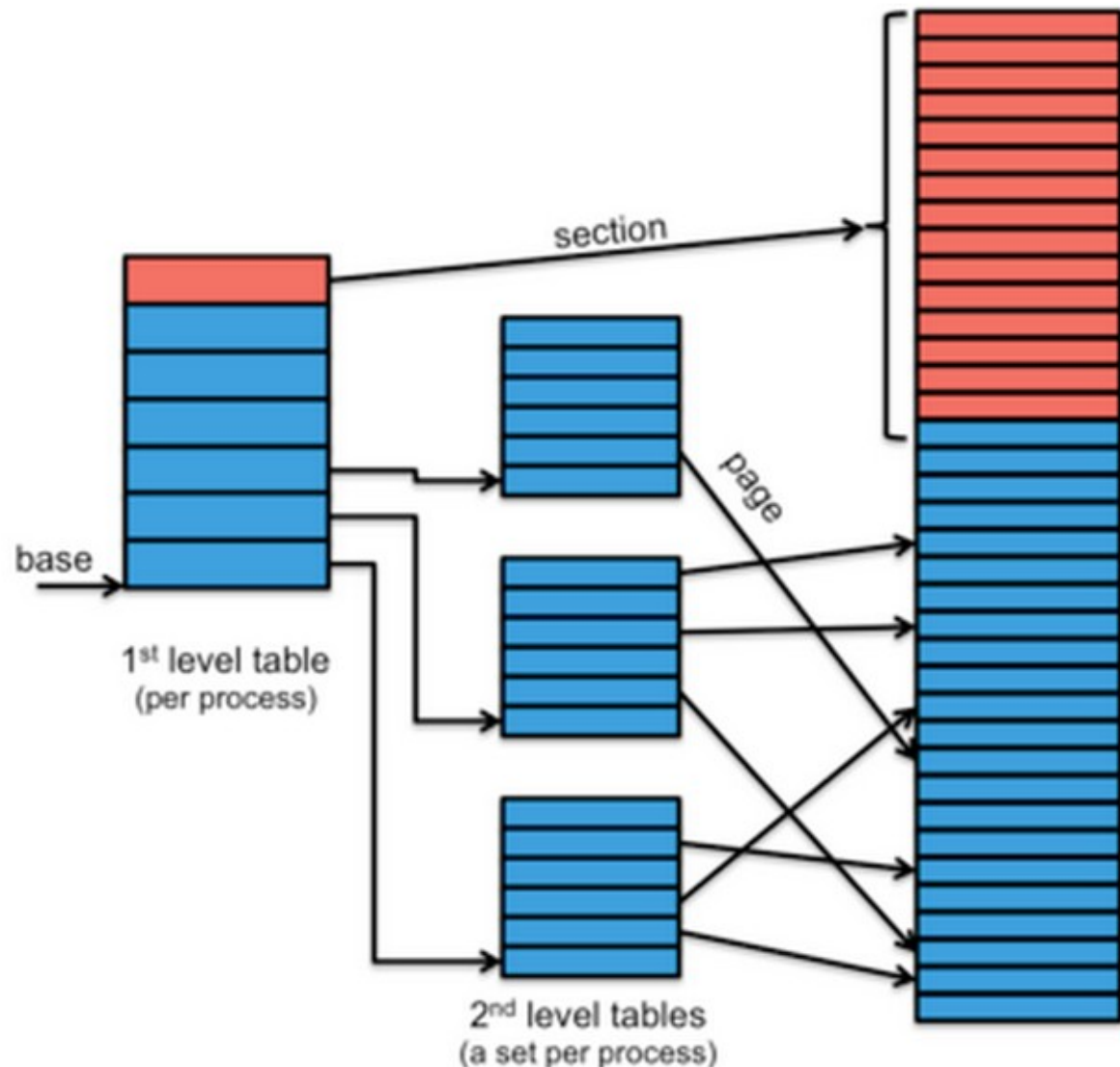
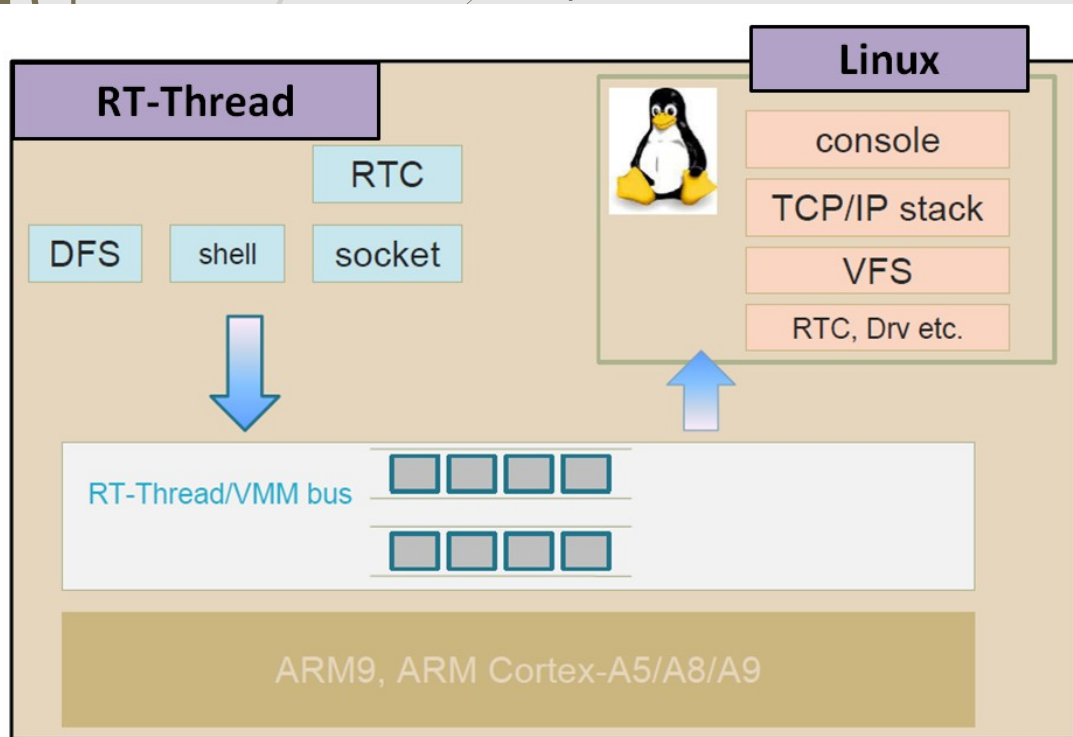


Figure 1. ARM sections and pages

RT-Thread

- 改善 AM335x 的平台支援
- 修正 MMU 設定
- VMM, memory allocator



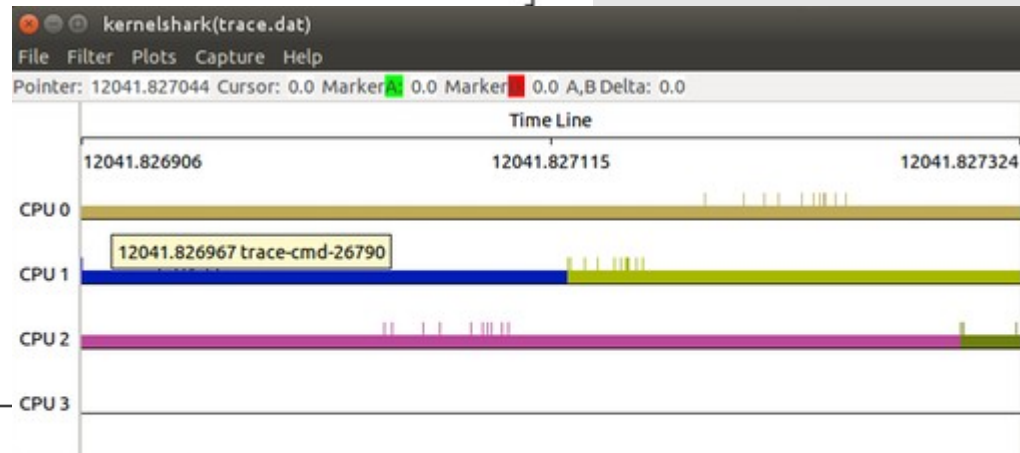
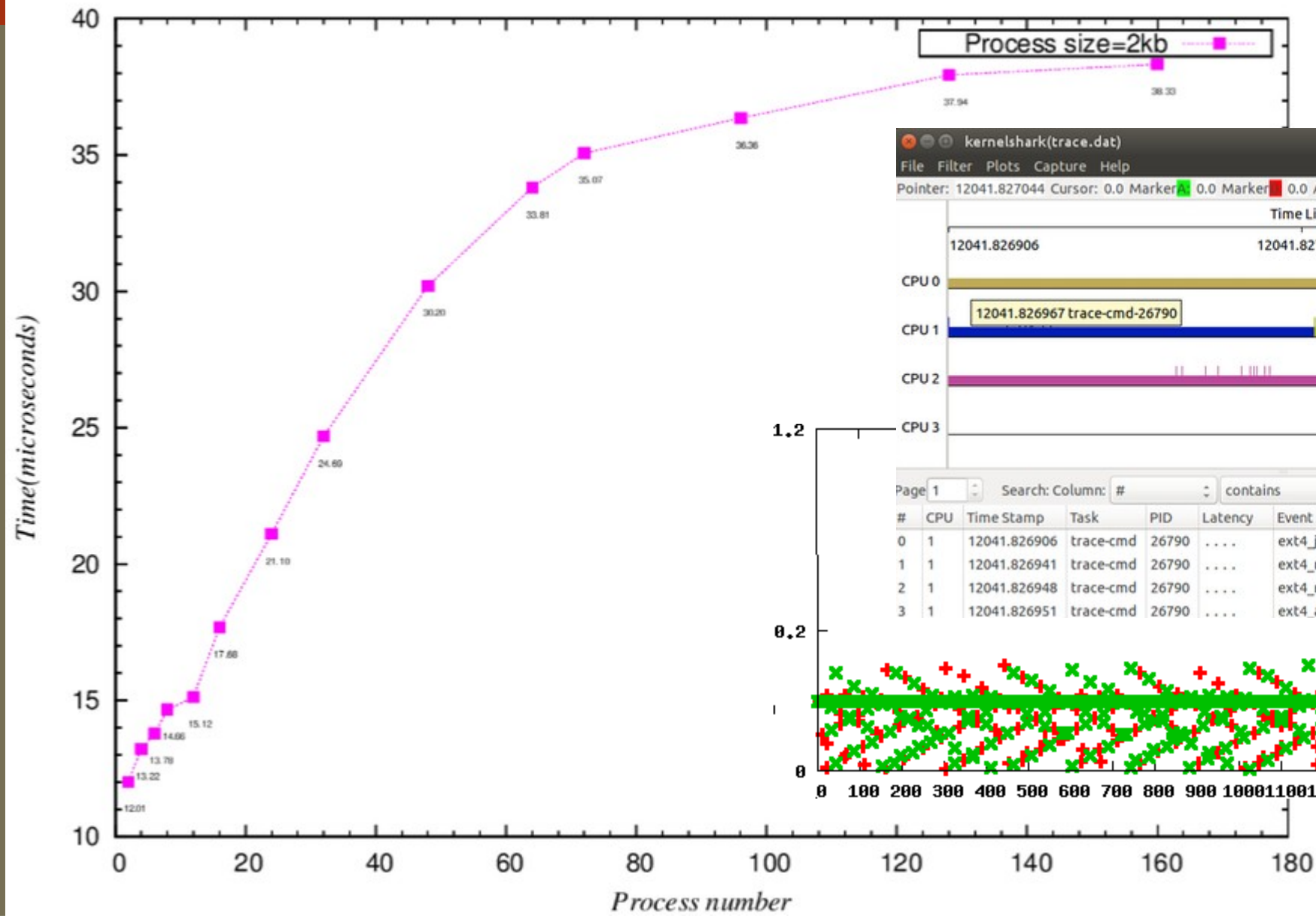
U-Boot 2013.07 (Jun 03 2014 - 10:51:12) armhf.com

```
I2C: ready
DRAM: 512 MiB
WARNING: Caches not enabled
NAND: 0 MiB
MMC: OMAP SD/MMC: 0, OMAP SD/MMC: 1
*** Warning - readenv() failed, using default environment
```

```
musb-hdrc: ConfigData=0xde (UTMI-8, dyn FIFOs, HB-ISO Rx, HB-ISO Tx, SoftConn)
musb-hdrc: MHDRC RTL version 2.0
musb-hdrc: setup fifo_mode 4
musb-hdrc: 28/31 max ep, 16384/16384 memory
USB Peripheral mode controller at 47401000 using PIO, IRQ 0
musb-hdrc: ConfigData=0xde (UTMI-8, dyn FIFOs, HB-ISO Rx, HB-ISO Tx, SoftConn)
musb-hdrc: MHDRC RTL version 2.0
musb-hdrc: setup fifo_mode 4
musb-hdrc: 28/31 max ep, 16384/16384 memory
USB Host mode controller at 47401800 using PIO, IRQ 0
Net: <ethaddr> not set. Validating first E-fuse MAC
cpsw, usb_ether
Hit any key to stop autoboot: 0
gpio: pin 53 (gpio 53) value is 1
mmc0 is current device
gpio: pin 54 (gpio 54) value is 1
SD/MMC found on device 0
reading uEnv.txt
117 bytes read in 3 ms (38.1 KiB/s)
Importing environment from mmc ...
gpio: pin 55 (gpio 55) value is 1
Checking if uenvcmd is set ...
gpio: pin 56 (gpio 56) value is 1
Running uenvcmd ...
reading rtthread.bin
131304 bytes read in 19 ms (6.6 MiB/s)
## Starting application at 0x80200000 ...
```

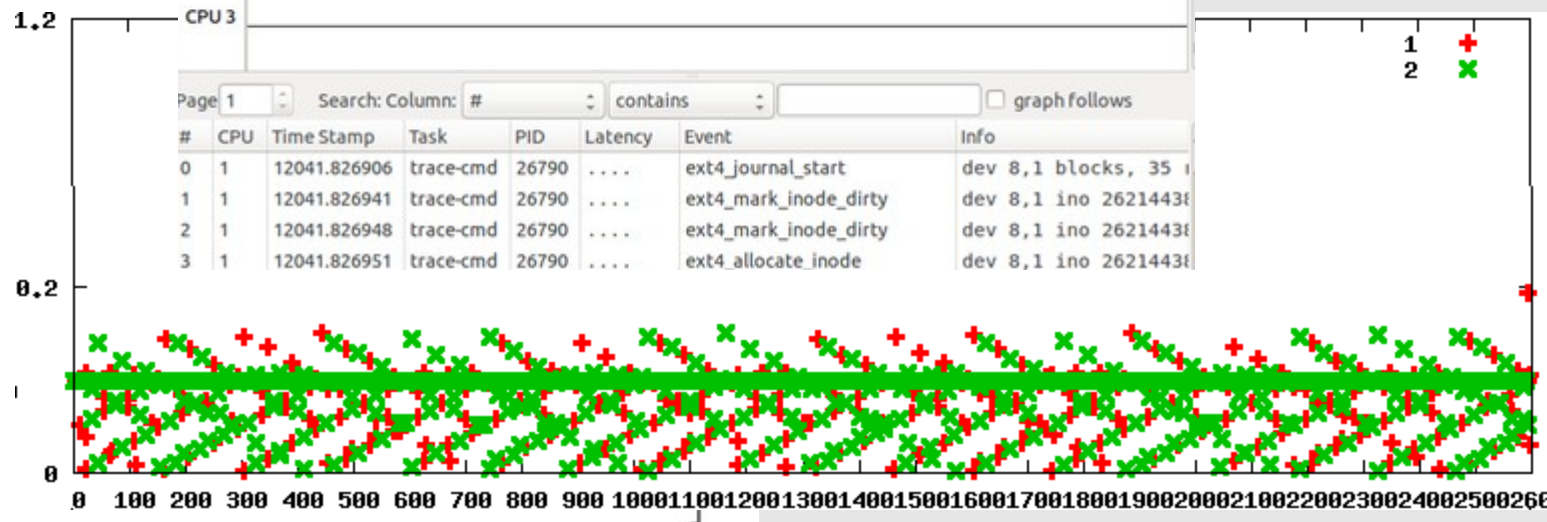
```
\ | /
- RT - Thread Operating System
/ | \ 2.1.0 build Apr 25 2015
2006 - 2015 Copyright by rt-thread team
finsh >
```

Linux 效能分析 (含 uClinux)



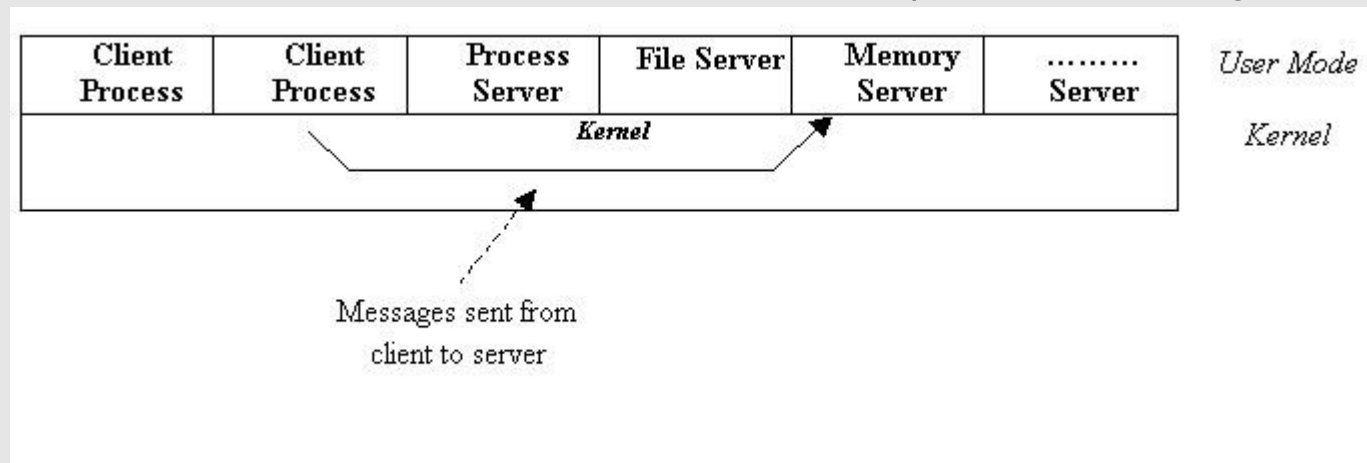
Page 1 Search: Column: # contains graph follows

#	CPU	Time Stamp	Task	PID	Latency	Event	Info
0	1	12041.826906	trace-cmd	26790	...	ext4_journal_start	dev 8,1 blocks, 35
1	1	12041.826941	trace-cmd	26790	...	ext4_mark_inode_dirty	dev 8,1 ino 2621443f
2	1	12041.826948	trace-cmd	26790	...	ext4_mark_inode_dirty	dev 8,1 ino 2621443f
3	1	12041.826951	trace-cmd	26790	...	ext4_allocate_inode	dev 8,1 ino 2621443f

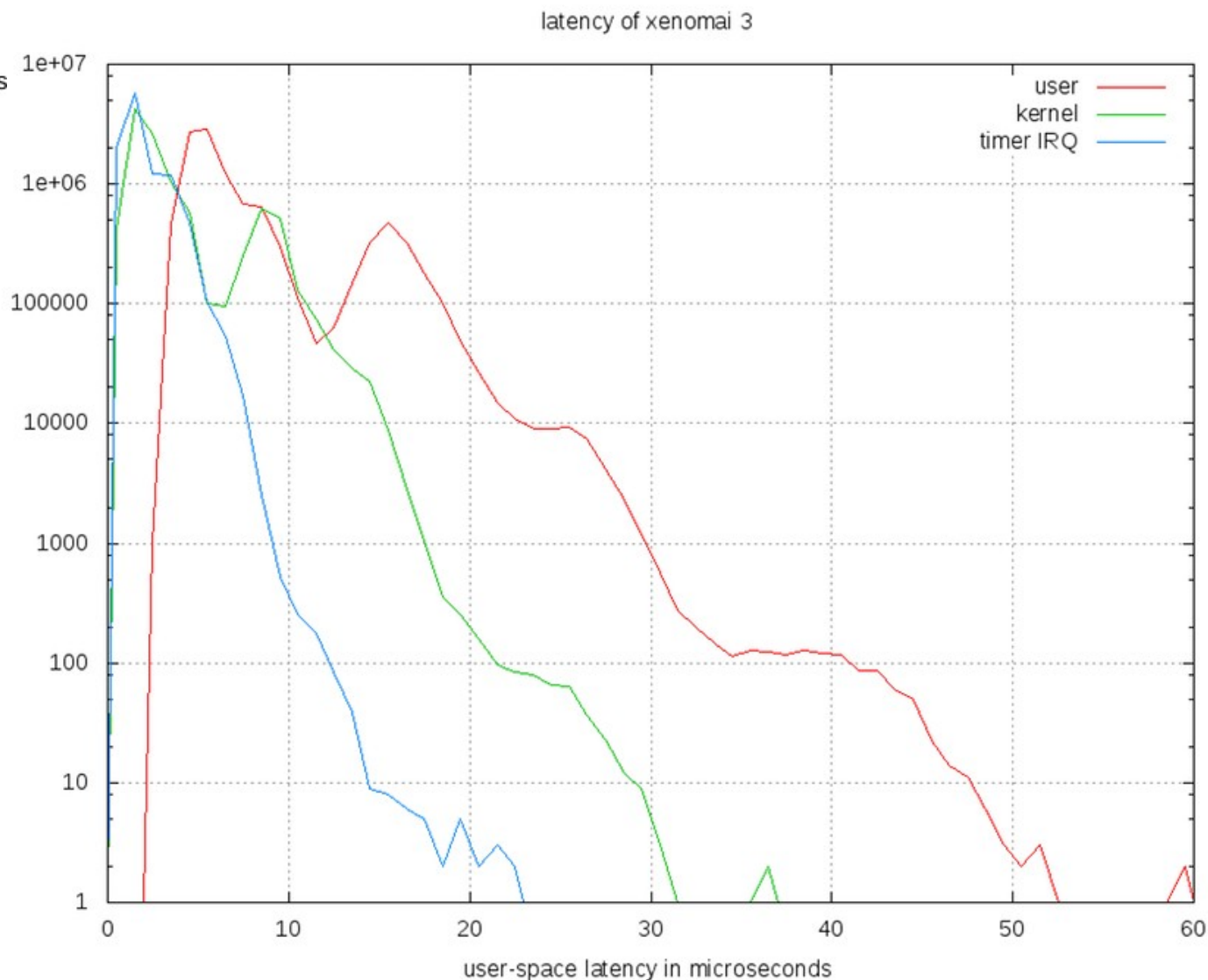
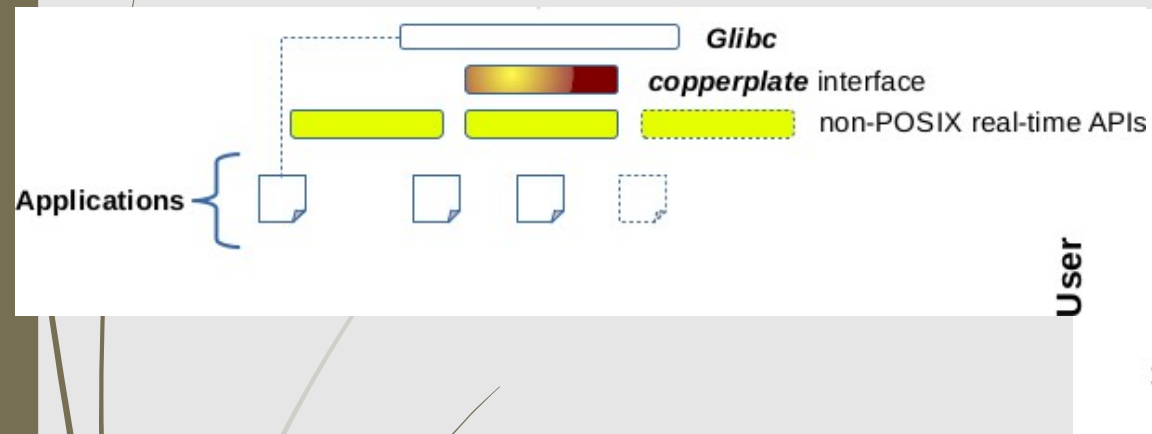


rtenv+: 完全由成大學生打造的作業系統核心

- kernel 僅負責 exception handling, system call 與 context switch 的處理
- 將 file system/path server 在 user task 執行，並將其 priority 設為最高，藉由 message 來通知 server
- priority + round-robin 的方式排程。task 有基本的 ready - running - blocked 的 state
- 提供部份 POSIX Thread



Xenomai 即時處理效能分析



雙尾檢定 (Two-tailed testing)

1. $H_0 : \mu = \mu_0$
2. $H_1 : \mu \neq \mu_0$
3. $\alpha \rightarrow$ 檢定值 $t_{\alpha/2 \cdot n-1}$
4. 計算統計值：

$$|t| = \frac{\bar{X} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$$

5. 作決策：若 $|t| > t$ (檢定值) 則拒絕 H_0 (支持 H_1)

否則接受 H_0 (無足夠證據拒絕 H_0)

單尾檢定 (One-tailed testing)

左尾檢定

$$\mu \geq \mu_0$$

$$\mu < \mu_0$$

$$t_{\alpha \cdot n-1}$$

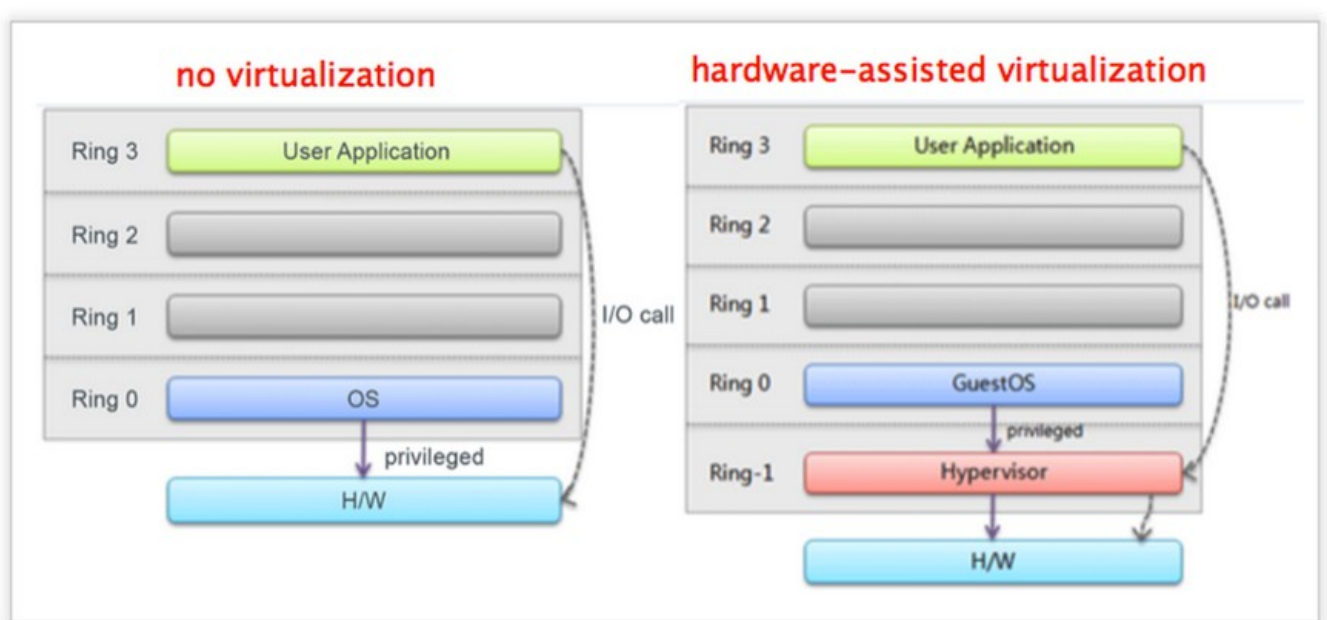
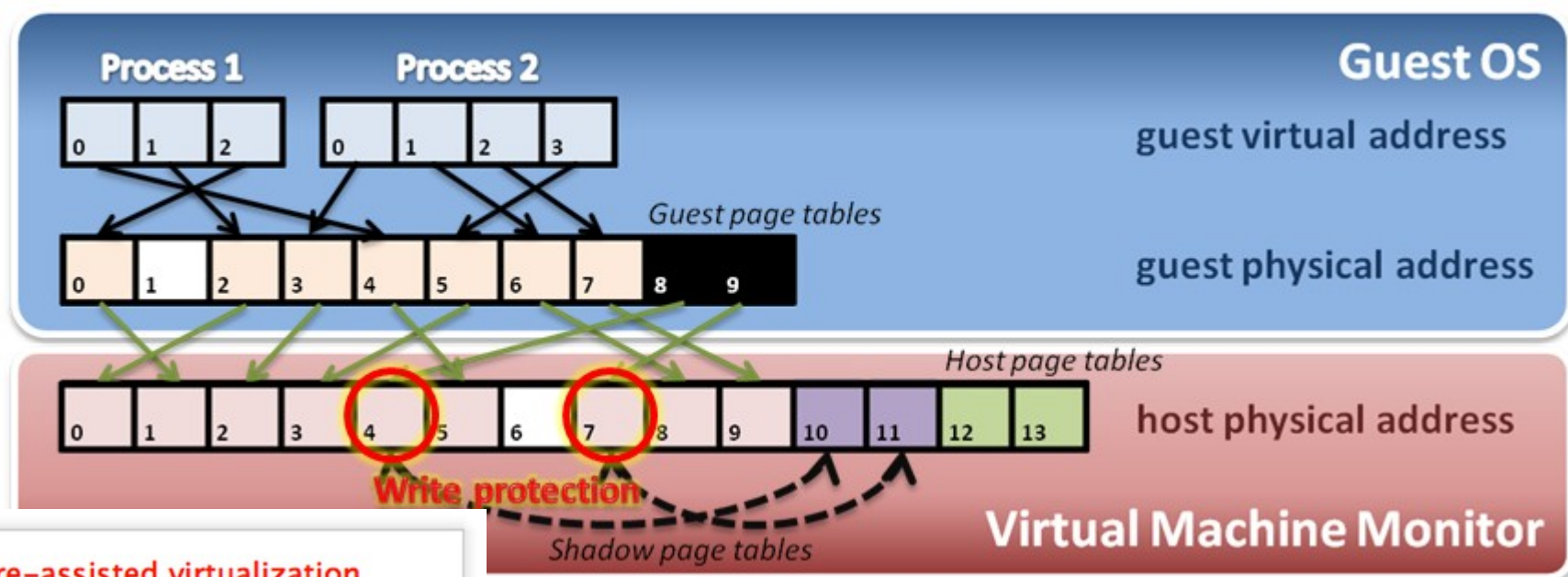
右尾檢定

$$\mu \leq \mu_0$$

$$\mu > \mu_0$$

$$t_{\alpha \cdot n-1}$$

Xvisor 輕量級虛擬化解決方案



- 充分在 ARMv8 Foundation Model 模擬和驗證
- 翻譯設計文件和報告
- 貢獻自動測試機制

從系統程式的「演化」來切入

- 從不足 40 行 C 語言程式的 self-contained ARM 系統開始，先演化為 300 行的多作業系統核心，之後再逐步擴展諸如 Process/Thread 執行單元、定址空間、記憶體管理、檔案系統、即時多工、驅動程式等設計，並帶著學生逐步實踐以上機制

具體而微地說明最新技術

- 涵蓋 ARM Cortex-A/R 的架構與指令集 (ARMv7 / ARMv8)，不會一次提供大量參資料，而是先給予小到能用單一頁面展現的系統實例，要求學生參閱相關資料並補充強化
- 不只 multi-tasking kernel，也探討 virtual machine monitor / hypervisor 的設計概念

學以致用[®]

- 課堂模擬產業生態和規格
- 銜接產業界的發展水平
- 採用業界標準的開發工具與流程
- 100% 應用活躍的開放原始碼軟體
- 提供資訊科技工作諮詢和模擬面試

評分方式

- 考試：20%（期初「資格考」）
- 作業和報告：40%（針對資訊產業需技能，所濃縮的訓練）
- 學生自我評量：40%
- 加分：參與和作業系統相關的 open source 專案開發（需獲得講師認可），加學期總分 10 到 40 分