

ជនទេសជាវិទ្យាអាស៊ីដី

องค์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ และภาษาแอสเซมบลี: ARM และ RaspberryPi3

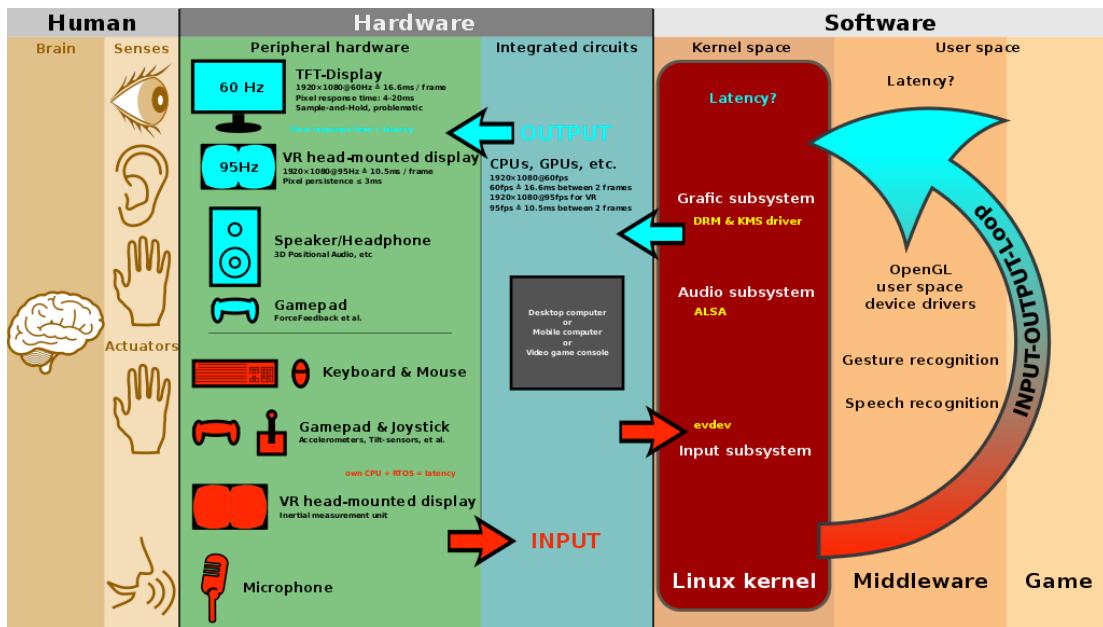
ผศ.ดร.สุรินทร์ กิตติรภุล

ภาควิชาจักรกรรมคอมพิวเตอร์ คณะจักรกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญ

- บทที่ 1 บทนำ
- บทที่ 2 ข้อมูลและคณิตศาสตร์ในคอมพิวเตอร์
- บทที่ 3 ฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ของคอมพิวเตอร์
- บทที่ 4 ภาษาแอสเซมบลีของ ARM เวอร์ชัน 32 บิต
- บทที่ 5 หน่วยความจำลับซ้อน
- บทที่ 6 อุปกรณ์/วงจรอินพุตและเอาท์พุต

3. Human + เครื่องคอมพิวเตอร์ = HW + SW



Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

3

3. Human + เครื่องคอมพิวเตอร์ = HW + SW

| ไม้ดูล | ภายในชิป (On chip) BCM2837 | ในหัวข้อที่ |
|---------------|--|-------------|
| | SoC ผลิตโดยบริษัท Broadcom ประกอบด้วย | 3.1.1 |
| CPU | Quad (4)-Core ARM Cortex-A53 ความถี่ 1.2 GHz | |
| GPU | Dual (2) VideoCoreIV ความถี่ 400 MHz | |
| จอ LCD | สาย HDMI เวอร์ชัน 1.3 & 1.4 (ภาพและเสียง) | 6.1 |
| จอ LCD | สาย Display Serial Interface (DSI) 15 ขา ประกอบด้วยสัญญาณข้อมูล 2 คู่ สัญญาณคล็อก 1 คู่ | 6.2 |
| กล้องขนาดเล็ก | สาย Camera Serial Interface (CSI) 15-ขา ประกอบด้วยสัญญาณข้อมูล 2 คู่ สัญญาณคล็อก 1 คู่ | 6.3 |
| จอทีวี | สัญญาณคอมโพสิตวีดีโอ PAL/NTSC | 6.5 |
| และเสียง | แจ็ค 3.5 มม ชนิด 4 ขั้ว | 6.4 |
| GPIO | ขั้วต่อชนิด 2.54 มม 40 ขา ประกอบด้วย GPIO 27 ขา +3.3 และ +5V โวลท์ | 6.11 |

Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

4

3. Human + เครื่องคอมพิวเตอร์ = HW + SW

| อุปกรณ์ | รายละเอียด | ในหัวข้อที่ |
|------------------------|--|-------------|
| ชิป SDRAM | หน่วยความจำขนาด DDR2 ความจุ 1 กิกะไบต์ ชนิดประยุกต์พลังงาน | 3.1.2, 5.5 |
| ชิป USB | ชิป USB 2.0 จำนวน 4 พอร์ต | 6.6 |
| ชิป Ethernet | เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านสายด้วยอัตรา 10/100 Mbps | 6.7 |
| ชิป WiFi และ Bluetooth | เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สาย IEEE 802.11 b/g/n อัตราเร็วสูงสุด 150Mbps การเชื่อมต่อไร้สายเวอร์ชัน 4.1 | 6.8 |
| แมลงจายไฟ | ช่องเก็บชนิด microUSB ขนาด 5 โวลท์ 2.5 แอมเปอร์ | 6.14 |
| การ์ด MicroSD | อุปกรณ์เก็บรักษาข้อมูลความจุ 4-16 กิกะไบต์ | 3.1.4, 7.3 |
| ซอฟต์แวร์ | ระบบปฏิบัติการบูทจากการ์ด MicroSD รองรับ Raspbian Linux Windows 10 IoT และอื่นๆ | 3.2.1 |

Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

5

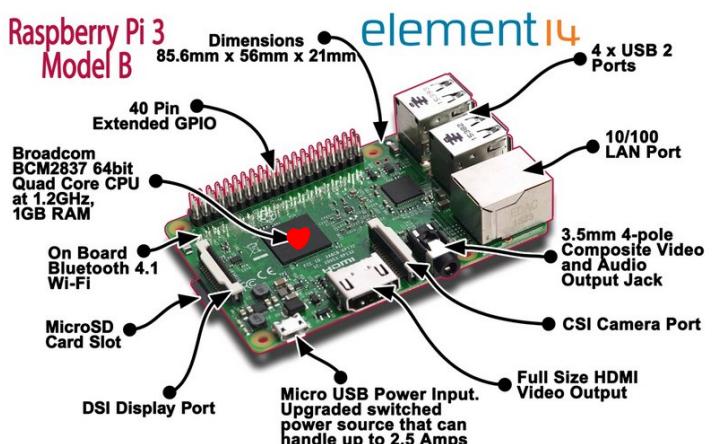
3.1 ฮาร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์

- Main Board

- Processor (multi-core => many core)
- Memory
 - Main Memory (RAM + Flash ROM)
 - Storage (HDD, SSD, SD Card, Flash ROM)
- Input/Output Circuits
 - USB, ...

- Input/Output Devices

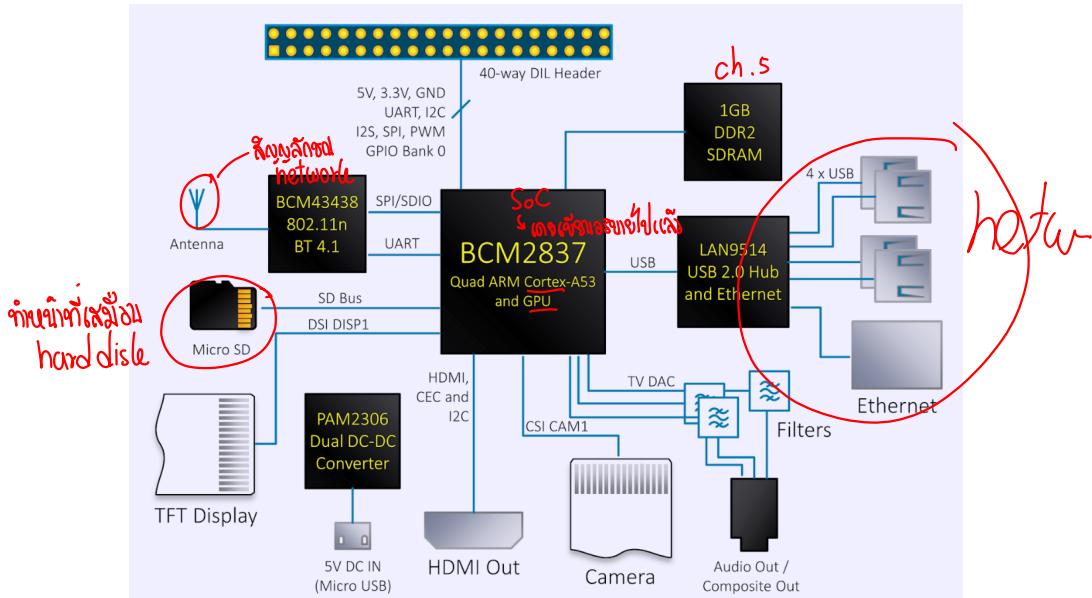
- Keyboard, Mouse, Monitor, Touch Pad, WiFi, Ethernet, ...



Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

6

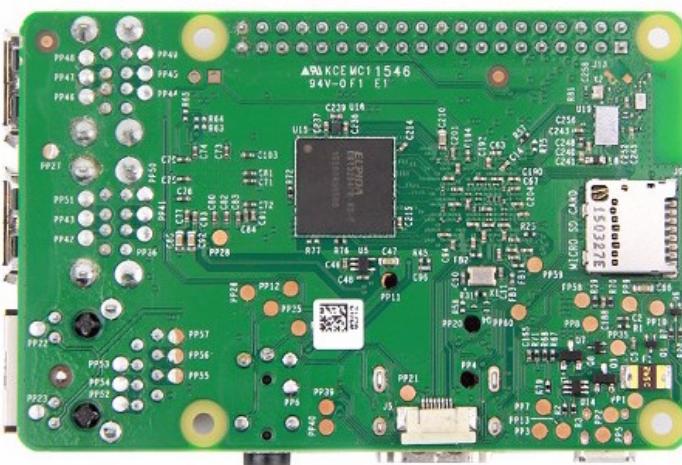
3.1 ฮาร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์



Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

7

3.1 ฮาร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์

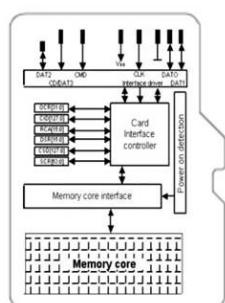


- Main Memory: RAM
- Elpida LPDDR2 SDRAM
- Ultra-low-voltage core and I/O
- Frequency range – 400 MHz
(data rate: 800 Mb/s/pin)
- Programmable READ and WRITE latencies (RL/WL)
- Burst length: 4, 8, and 16

Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

8

7.3 การ์ดหน่วยความจำ SD (Secure Digital)



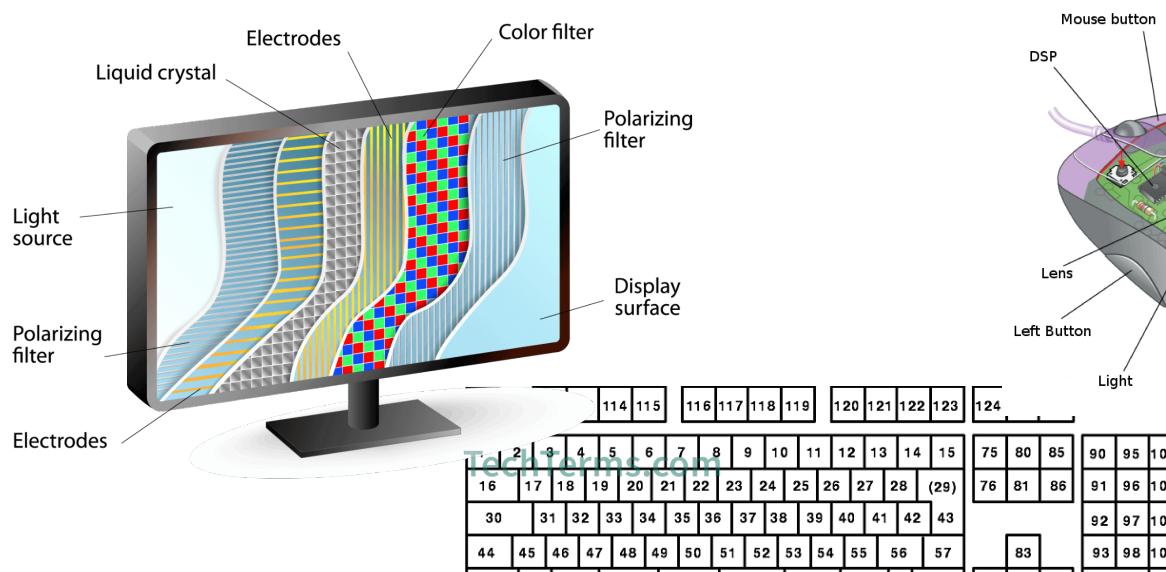
Micro SD



SD Memory

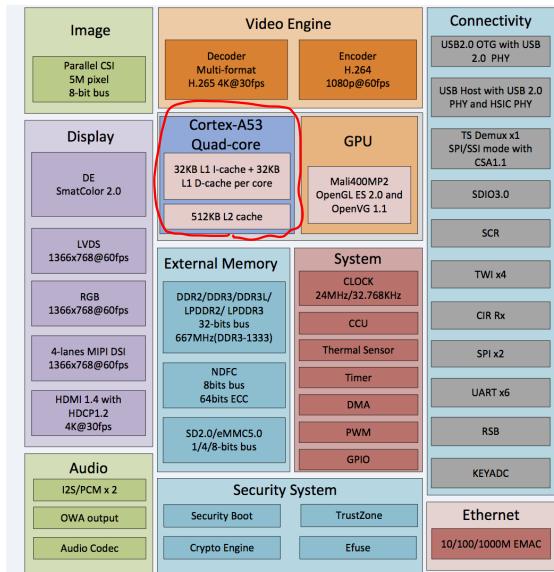
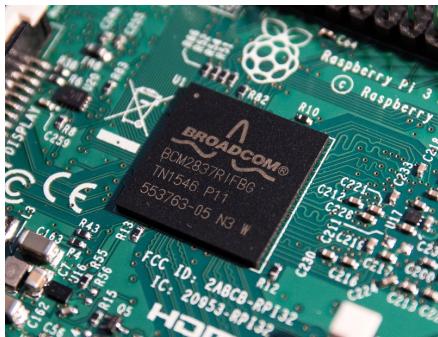
9

3.1 ฮาร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์



106-Key Keyboard Position Codes

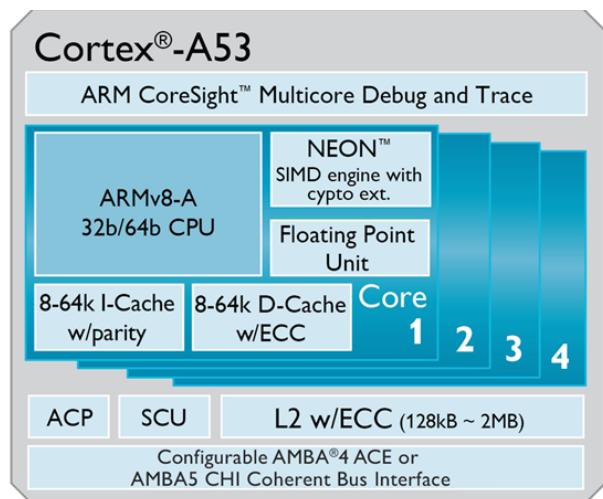
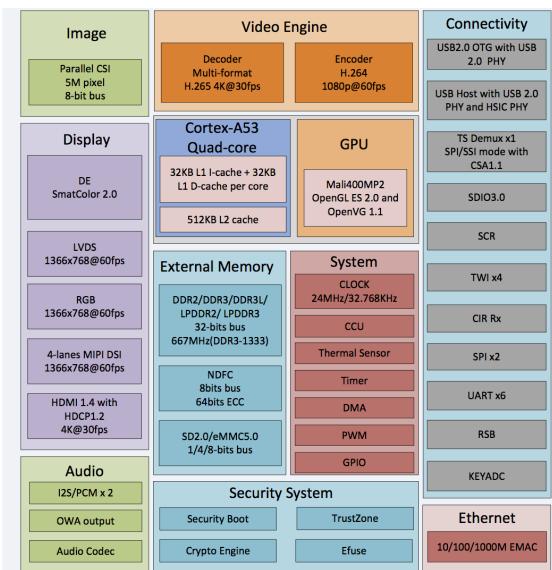
3.1 ฮาร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์



Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

11

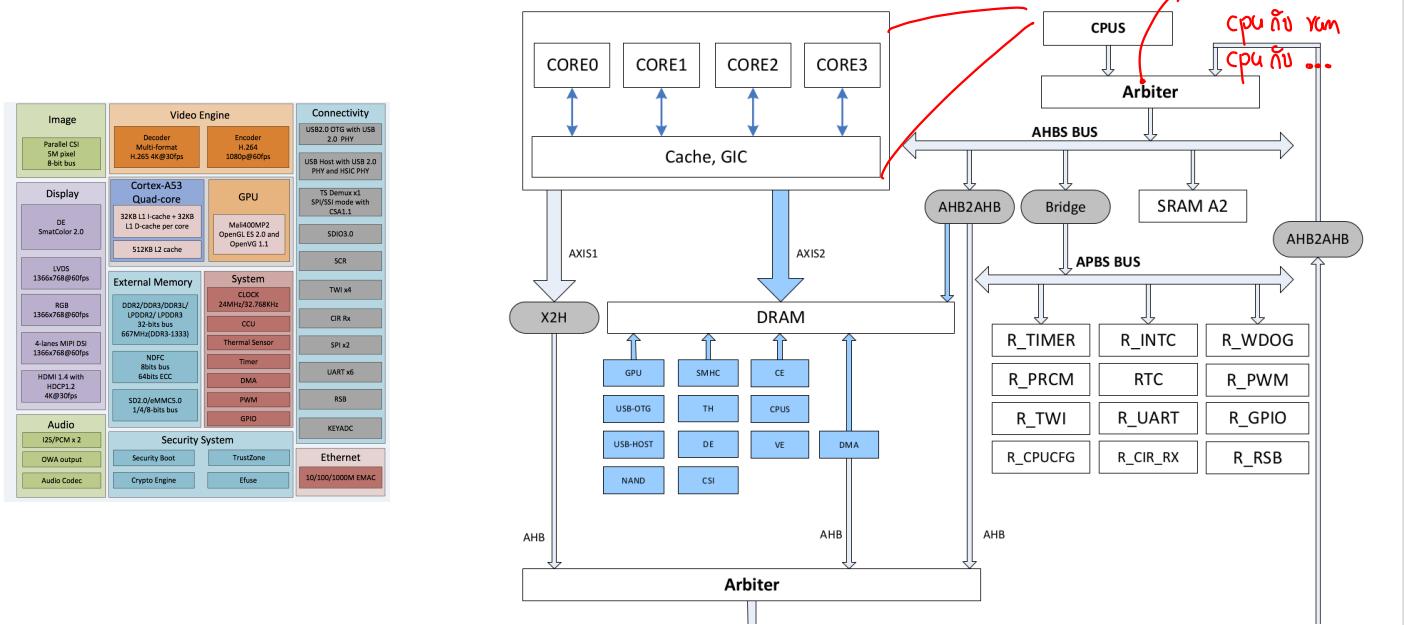
3.1 ฮาร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์



Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

12

3.1 ไฮร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์



Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

13

3.2 ซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์

၁၃၈

- การบูทระบบปฏิบัติการจากอุปกรณ์เก็บรักษาข้อมูลเข้าสู่หน่วยความจำหลัก (RAM)
 - การโหลดไฟล์แอพพลิเคชันจากอุปกรณ์เก็บรักษาข้อมูลเข้าสู่หน่วยความจำหลัก (เบน เป็นต้นๆ)
 - การอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำหลักไปปฏิบัติตาม
 - การอ่าน/^{instruction}เขียนข้อมูลระหว่างหน่วยความจำหลักไปประมวลผล ^{เกิด process} ^{จังหวะ → CPU}
 - การเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุตต่างๆ เช่น คีย์บอร์ด เม้าส์ เครื่อข่ายอินเตอร์เน็ต
 - การอ่าน/เขียนข้อมูลระหว่างหน่วยความจำหลักและอุปกรณ์เก็บรักษาข้อมูล
 - การซัพพอร์ต (Shut Down) ระบบปฏิบัติการก่อนปิดเครื่อง

Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

14

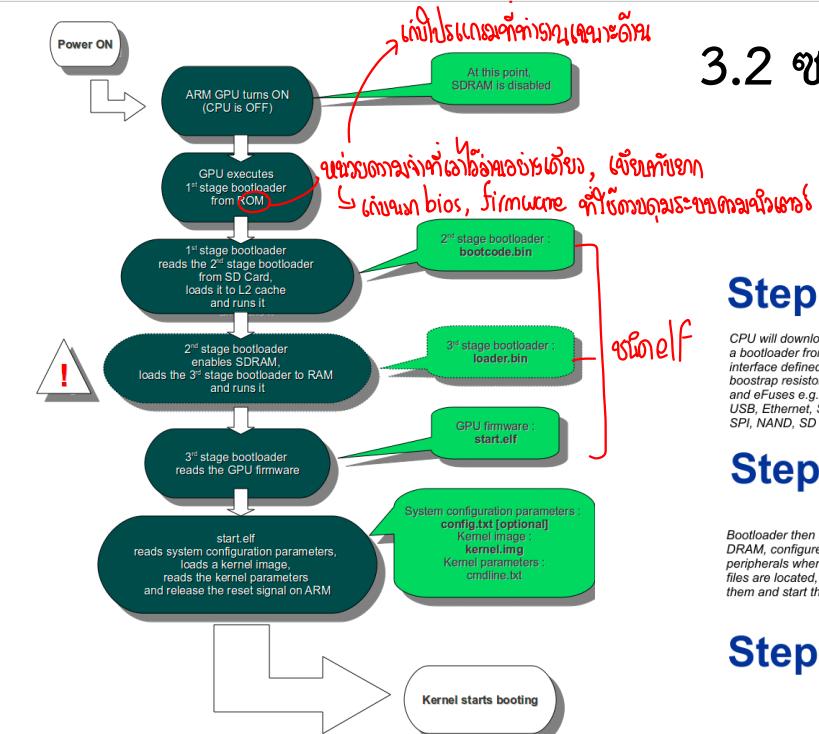
(๖) Boothoulder (ເຈົ້າໃຫຍ່ເມືອນໄລ້ລົ້ງກະເທົ່າສນາຂອງປິນເມືອນເຕີຍອາຮັດສະຫະເມັນກ່ຽວ

ວັນທີໜີ້ນ, ວິນຕະຫຼາມ

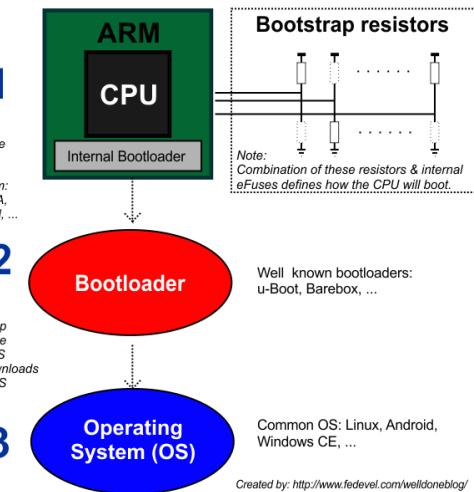
↪ ក្រសួងសេដ្ឋកិច្ចនឹងអាជីវកម្មរបស់រាជរដ្ឋបាល និងការរំលែករំលែង

ກ່ອນຍື້ມີລູກຄາງ ROM : ① CPU $\xrightarrow{\text{address}}$ ROM ທີ່ເຫັນກວດສອບ
 ② ໜ້າໃຫຍ່ລາຍເຊີນໃນ ROM ຈະໄດ້ດອກອະນຸມັດ address , up to type
 ③ CPU ສະໜັບຍາດ CS (Chip Select) ເປົ້າຕຽບຢືນວິທີ່ມີ chip ທີ່

- What is Bootloader?
 - ↳ ເນື້ອງຫຼຸດຂອງລັບລະບົບ App feature ທີ່ ດັກໂຄໂລເງິນ
 - ↳ ຂາດສັນຍາ rom
 - ↳ ເຮັດວຽກການ ເປົ້າລົງທະບຽນໄປແຕ່ຫຼຸດໄດ້
 - ↳ ແຜນຫຼູ້ລັບລະບົບ ສຳເນົາໄດ້ອາກເຖິງເມື່ອປັບແຕ່ງຈິງ



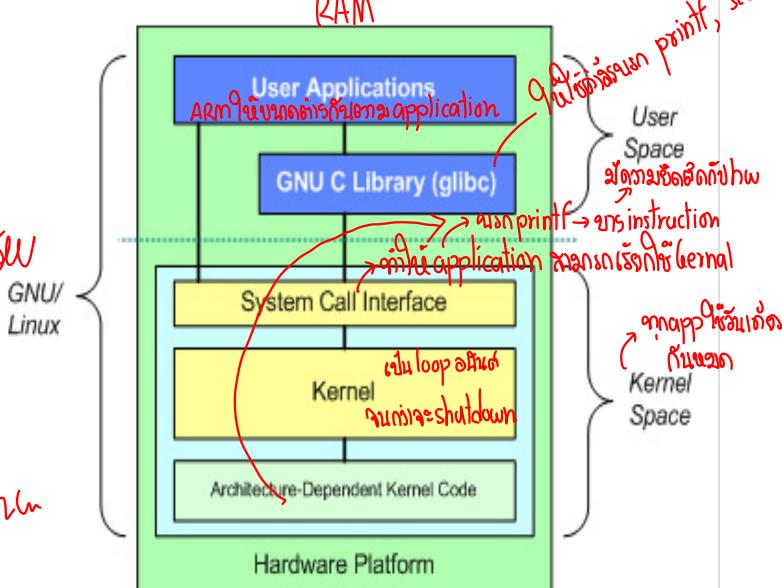
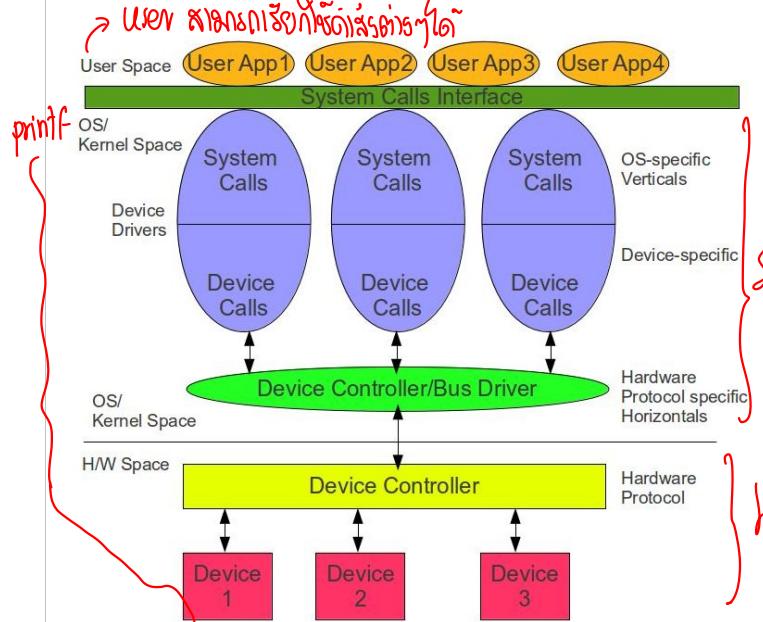
3.2 ซอฟต์แวร์หรือโปรแกรม



Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

15

3.2 ซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์



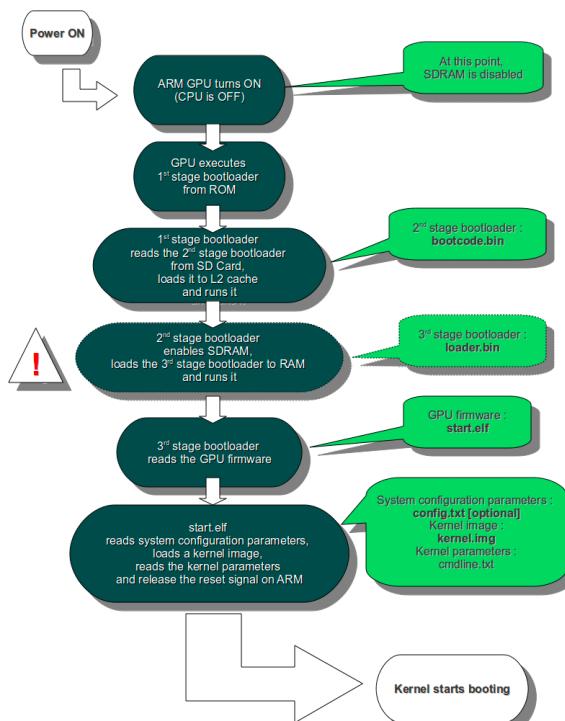
Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

16

- เมื่อ arm รัน application ขึ้นเรียบร้อย
 - cpu ถูกหักหลัง function main return something
back to kernel
 - ผ่าน branch and link

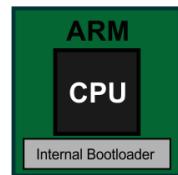
3.2 ซอฟต์แวร์หรือโปรแกรม

คอมพิวเตอร์



Step 1

CPU will download a bootloader from the interface defined by bootstrap resistors and eFuses e.g. from: USB, Ethernet, SATA, SPI, NAND, SD card, ...



Bootstrap resistors

Note: Combination of these resistors & internal eFuses defines how the CPU will boot.

Step 2

Bootloader

Bootloader then setup DRAM, configures the peripherals where OS files are located, downloads them and start the OS

Well known bootloaders: u-Boot, Barebox, ...

Step 3

Operating System (OS)

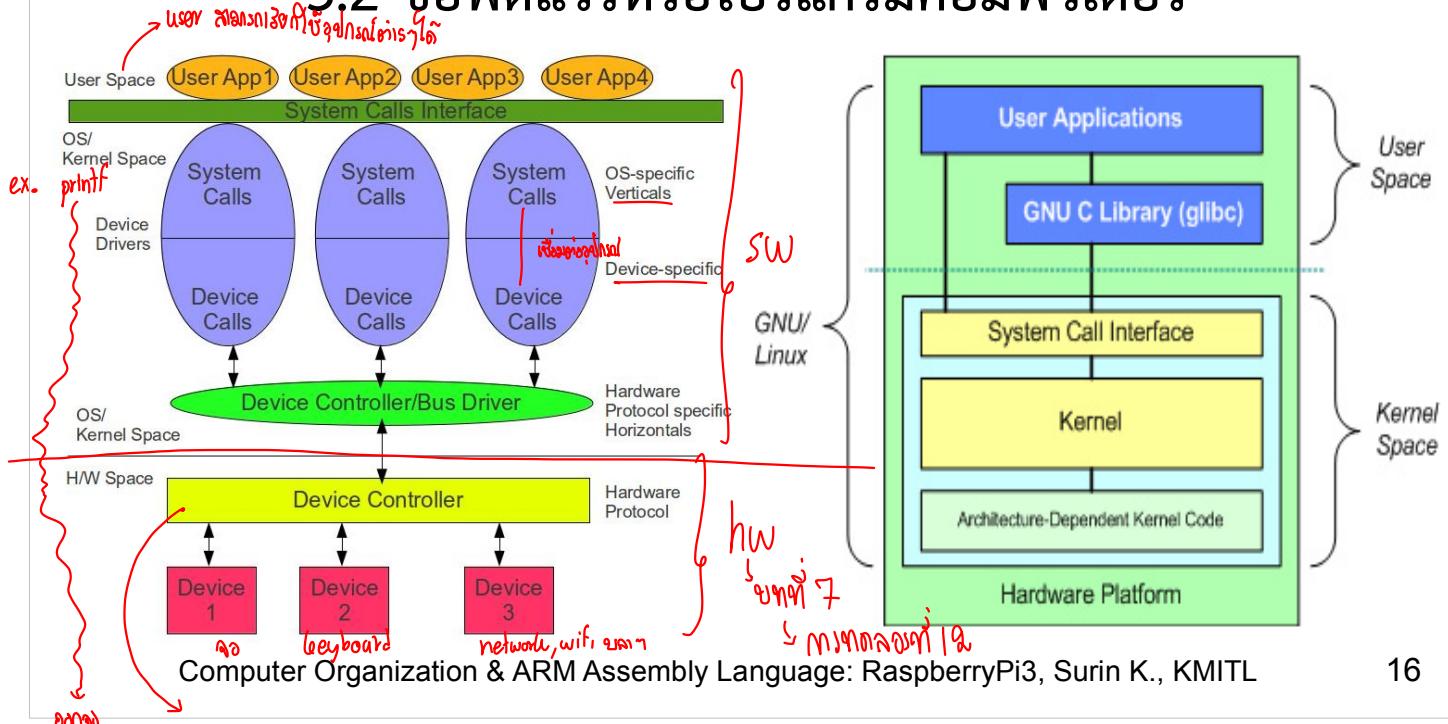
Common OS: Linux, Android, Windows CE, ...

Created by: <http://www.fedevol.com/welldoneblog/>

Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

15

3.2 ซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์



Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

16

3.2 ซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main()
{
    printf("Hello world!\n");
    return 0;
}
```

cpu

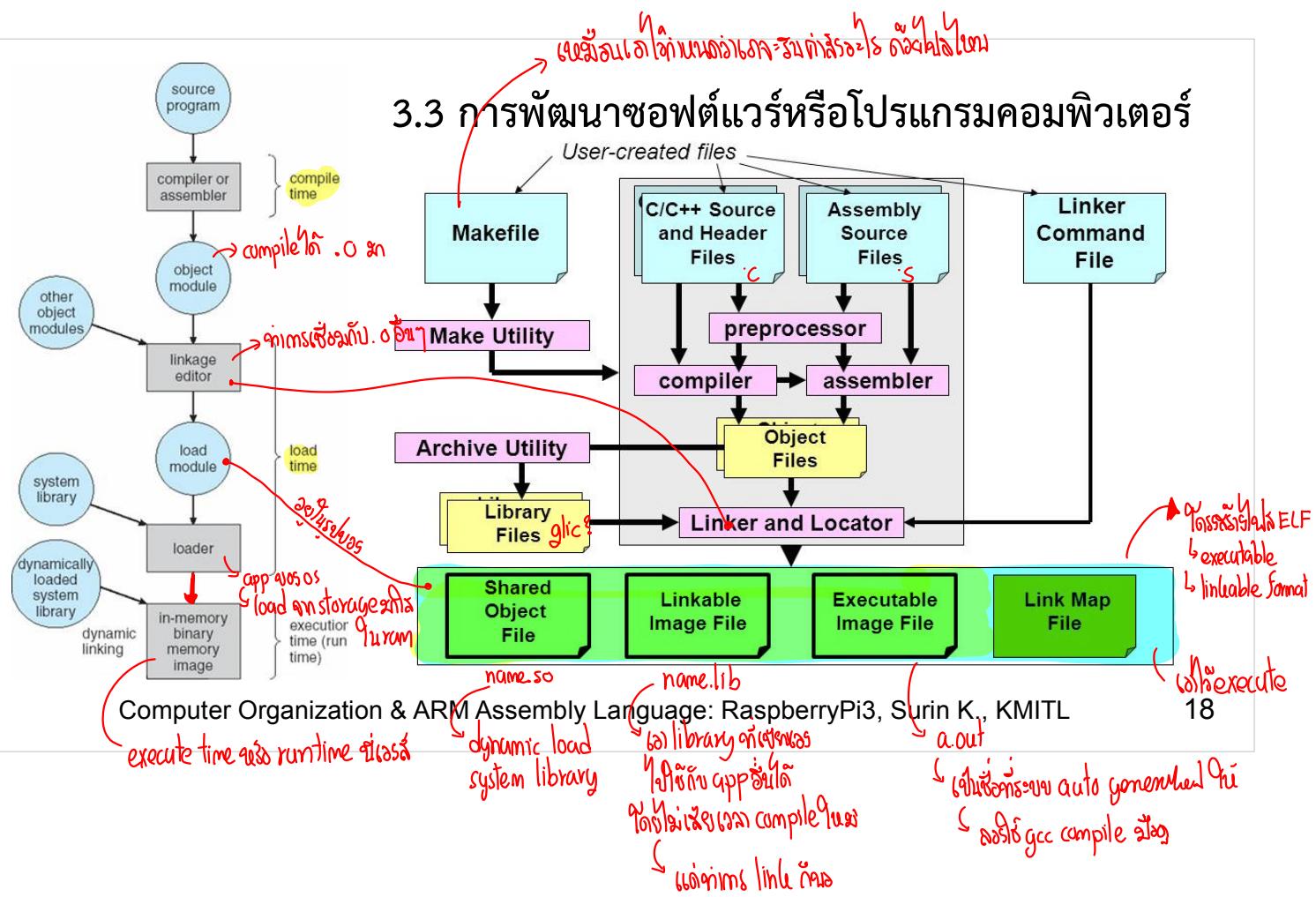
application 13905 (kernel)

return main+0 (kernel)

| บรรทัดที่ | เลbel | คำสั่ง | รีจิสเตอร์ หรือ แอดเดรส หรือ เลbel หรือ ค่าคงที่ |
|-----------|---------|--------------|---|
| 1 | | .text | → 'text segment', → ให้ instruction |
| 2 | | .global main | → ให้ main label ? |
| 3 | main: | | |
| 4 | | LDR | R1, =M |
| 5 | | LDR | R1, [R1] |
| 6 | | LDR | R2, =POINTR |
| 7 | | MOV | R0, #0 |
| 8 | LOOP: | LDR | R3, [R2], #4 |
| 9 | | ADD | R0, R0, R3 |
| 10 | | SUBS | R1, R1, #1 |
| 11 | | CMP | R1, #0 |
| 12 | | BGT | LOOP |
| 13 | | LDR | R4, =SUM |
| 14 | | STR | R0, [R4] |
| 15 | | BX | LR |
| 16 | | .data | → data segment |
| 17 | SUM : | .word | #0 |
| 18 | M: | .word | #4 |
| 19 | NUM: | .word | 3, 5, 7, 9 |
| 20 | POINTR: | .word | NUM |

Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

17



What is difference between ELF file and BIN file

↳ bin file is pure binary file with no fix-up or relocation

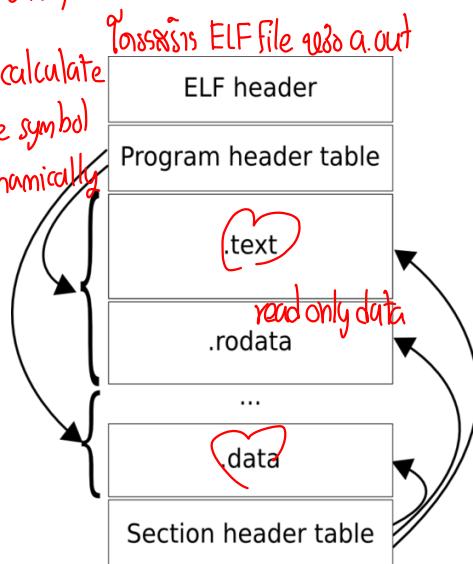
↳ more than likely it has explicit instruction to be loaded at the specific memory address

↳ ELF consists of symbol look-up and relocatable

↳ load ไฟล์ที่ต้องการ (kernel)

↳ section อะไร

↳ run-time can calculate
where to adjust the symbol
memory references dynamically
at run-time



โครงสร้าง ELF file แบบ a.out

| บรรทัดที่ | เลbel | คำสั่ง | รีจิสเตอร์ หรือ แอดเดรส หรือ เลbel หรือ ค่าคงที่ |
|-----------|---------|--------------|--|
| 1 | | .text | |
| 2 | | .global main | |
| 3 | main: | | |
| 4 | | LDR | R1, =M |
| 5 | | LDR | R1, [R1] |
| 6 | | LDR | R2, =POINTR |
| 7 | | MOV | R0, #0 |
| 8 | LOOP: | LDR | R3, [R2], #4 |
| 9 | | ADD | R0, R0, R3 |
| 10 | | SUBS | R1, R1, #1 |
| 11 | | CMP | R1, #0 |
| 12 | | BGT | LOOP |
| 13 | | LDR | R4, =SUM |
| 14 | | STR | R0, [R4] |
| 15 | | BX | LR |
| 16 | | .data | |
| 17 | SUM : | .word | #0 |
| 18 | M: | .word | #4 |
| 19 | NUM: | .word | 3, 5, 7, 9 |
| 20 | POINTR: | .word | NUM |

โครงสร้าง ARM ภายในบล็อก
instruction 32 bit

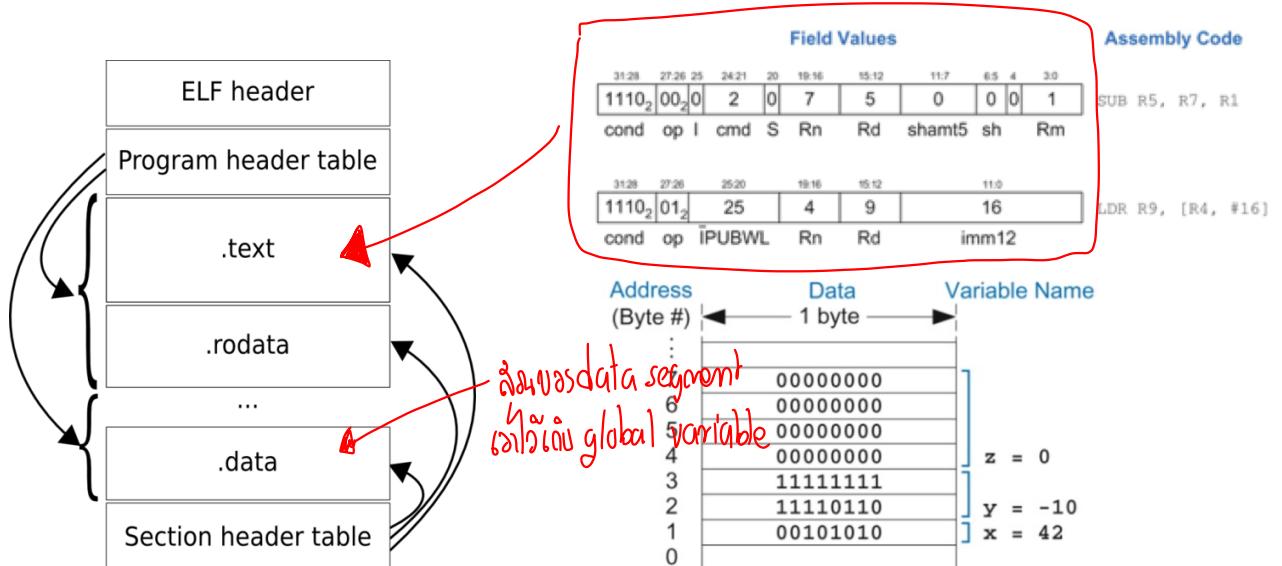
3.3 การพัฒนาซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ตัวอย่าง immediate ที่ถูกกำหนดโดยผู้เขียน ดัง

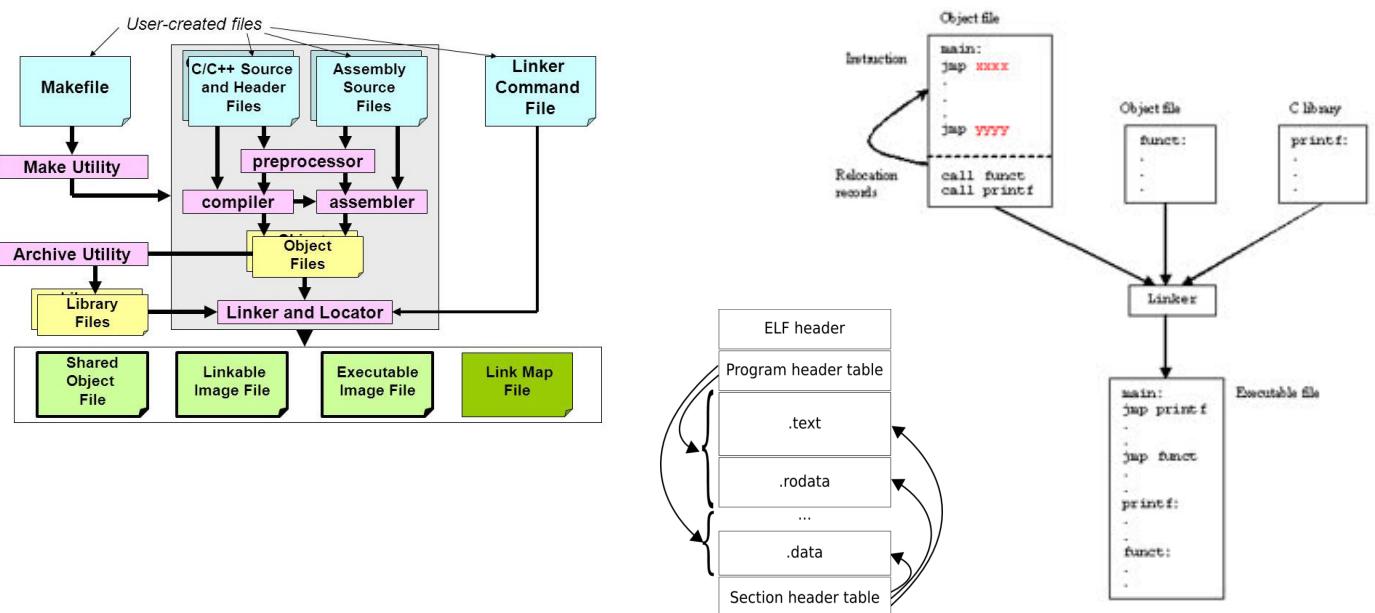
| Machine Code | | | | | | | | | | Field Values | | | | | | | | | | Assembly Code | | | | |
|--------------|----|--------|-------|------|------|-------|--------|----|----|-------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|---|---------------|-----|-----|------|------|
| cond | op | I | cmd | S | Rn | Rd | shamt5 | sh | Rm | 31:28 | 27:26 | 25 | 24:21 | 20 | 19:16 | 15:12 | 11:7 | 6:5 | 4 | 3:0 | | | | |
| 1110 | 00 | 0 | 0010 | 0 | 0111 | 0101 | 00000 | 00 | 0 | 1110 ₂ | 00 ₂ | 0 | 2 | 0 | 7 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | SUB | R5, | R7, | R1 |
| E | 0 | 4 | 7 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| cond | op | I | PUBWL | Rn | Rd | imm12 | | | | 31:28 | 27:26 | 25:20 | 19:16 | 15:12 | 11:0 | | | | | | | | | |
| 1110 | 01 | 011001 | 0100 | 1001 | 0000 | 0001 | 0000 | | | 1110 ₂ | 01 ₂ | 25 | 4 | 9 | | 16 | | | | | LDR | R9, | [R4, | #16] |
| E | 5 | 9 | 4 | 9 | 0 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

text segment មានអ្នកពេញ instruction

3.2 ទូរសព្ទនា និងការបង្កើត ELF File



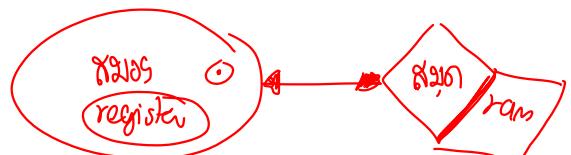
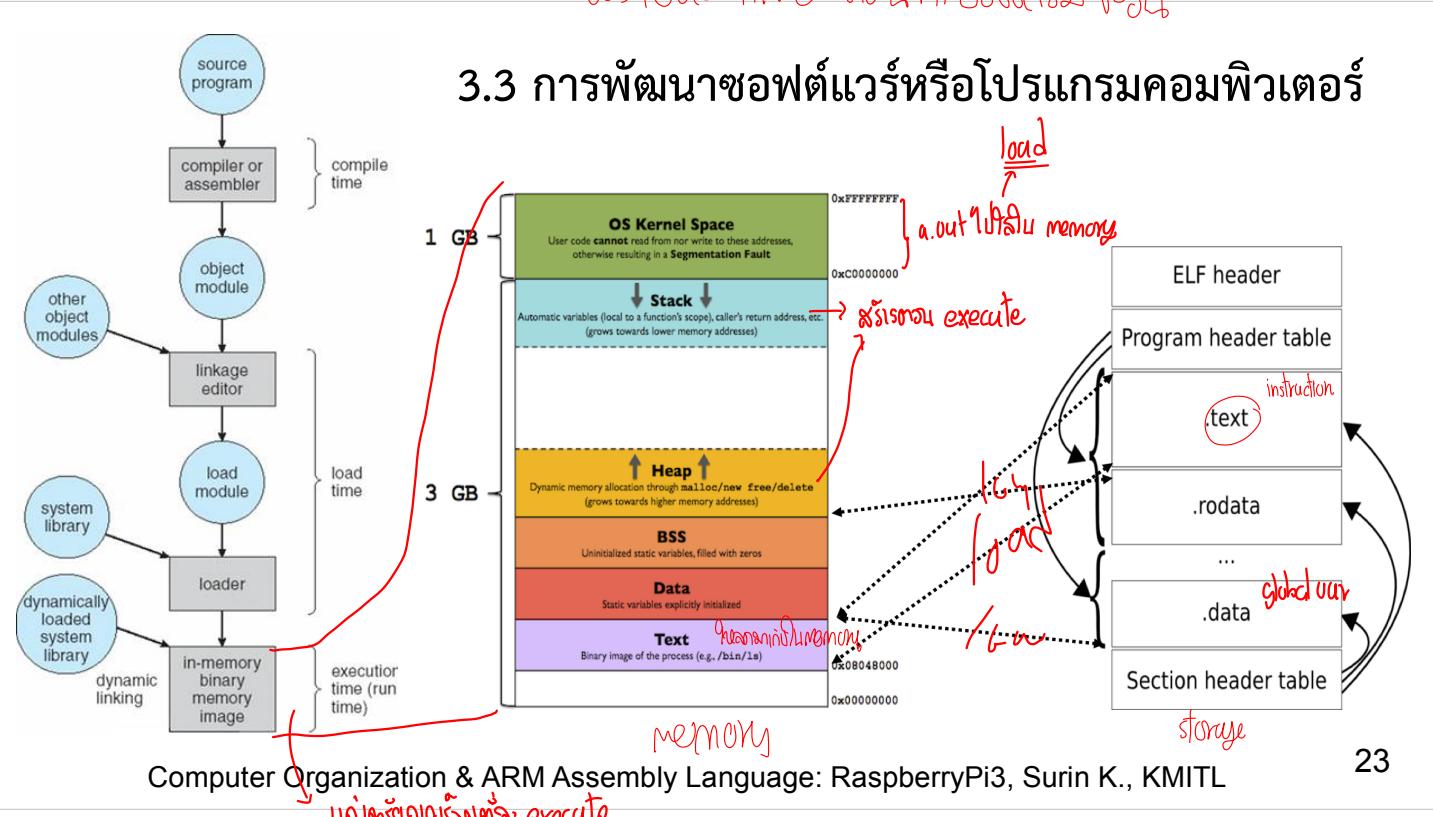
3.3 ការបង្កើត ELF File



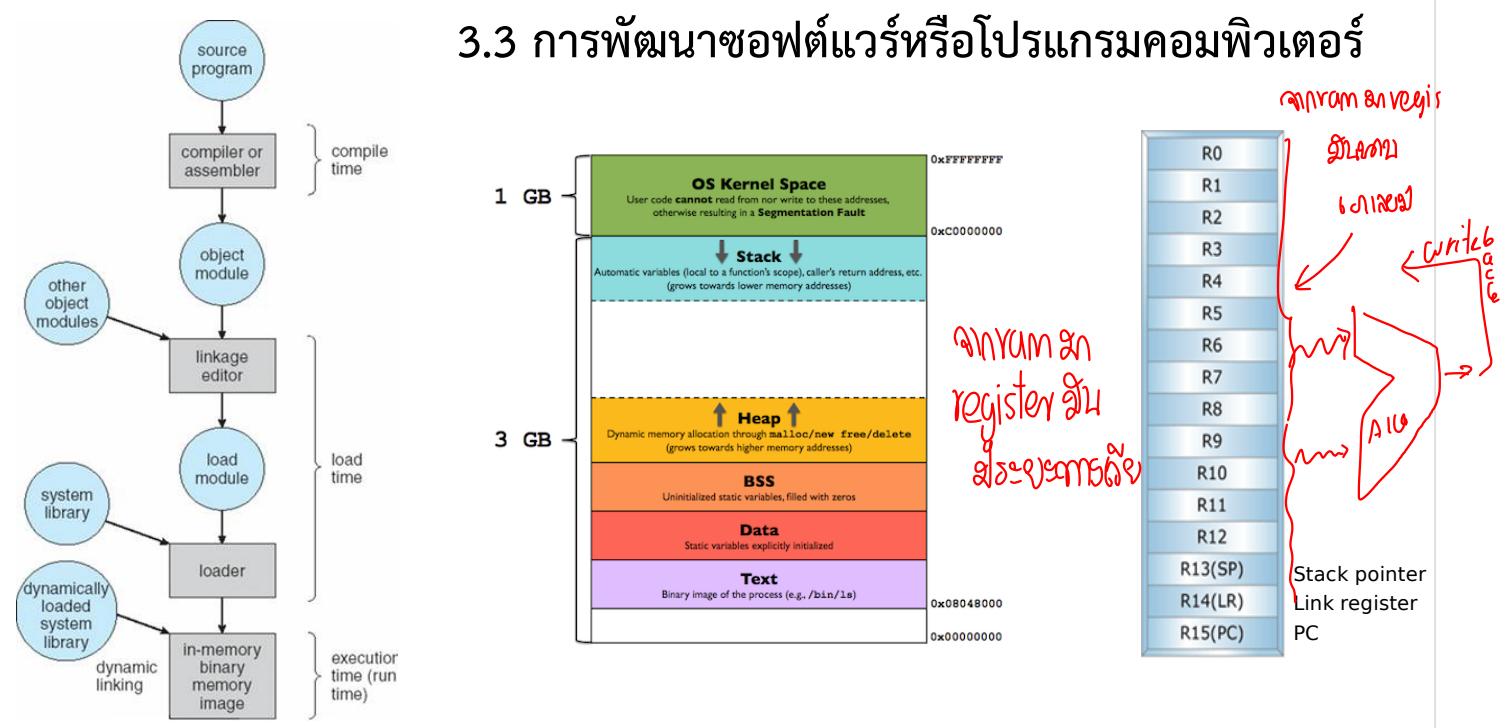
ເພື່ອ load time ດັ່ງນີ້ແມ່ນຈະຖືກ

text segment

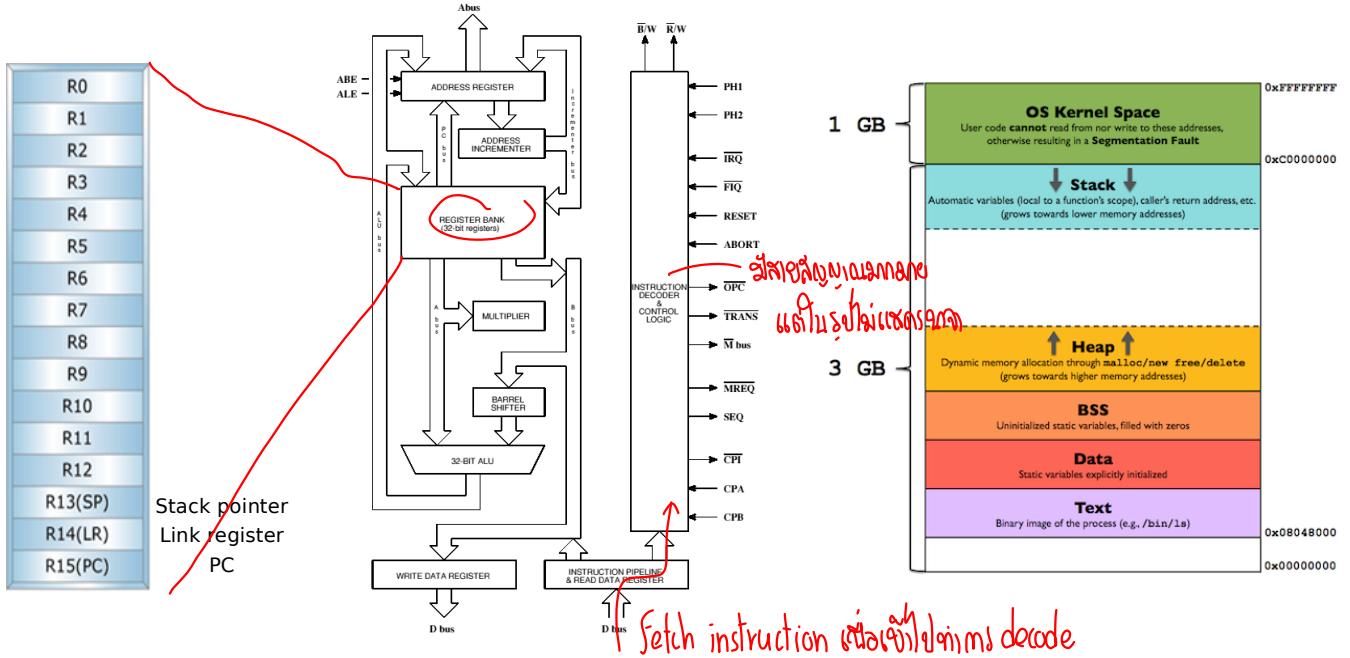
3.3 ການພິມນາຍອົບຕີແວ່ງທີ່ໂປຣແກຣມຄວາມພິວເຕອົງ



3.3 ການພິມນາຍອົບຕີແວ່ງທີ່ໂປຣແກຣມຄວາມພິວເຕອົງ



3.3 การพัฒนาซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์



Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

25

สรุปหัวยบท

- เนื้อหาในบทนี้ได้นำเสนอพื้นฐานของเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือเป็นชาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ชาร์ดแวร์คืออุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ต่างๆ ซึ่งมีซีพียูเป็นจุดศูนย์กลาง เชื่อมน่วຍความจำหลัก และอินพุทเอาท์พุทต่างๆ ในขณะที่ซอฟต์แวร์แบ่งเป็นซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการ และซอฟต์แวร์แอ��พลิเคชันต่างๆ ซอฟต์แวร์เหล่านี้สามารถพัฒนาด้วยภาษาต่างๆ เช่น C/C++ Java และภาษาต่างๆ เช่น แอสเซมบลี เพื่อคอมไพล์หรือแปลงและลิงค์หรือรวมให้กลายเป็นไฟล์รูปแบบ ELF บนระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ ไฟล์ ELF มีโครงสร้างที่เป็นมาตรฐาน ประกอบด้วยเทกซ์ เซกเมนท์ที่มีคำสั่งภาษาเครื่องในรูปของเลขฐานสอง ดาታเซกเมนท์ที่มีรวมข้อมูลจากตัวแปรที่ได้ประกาศไว้

Computer Organization & ARM Assembly Language: RaspberryPi3, Surin K., KMITL

26