

ภาคผนวก E

การทดลองที่ 5 การพัฒนาโปรแกรมภาษา C บนลินุกซ์

การทดลองนี้คาดว่าผู้อ่านผ่านหัวข้อที่ 3.2 และมีประสบการณ์การเขียนหรือพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C มาแล้ว ผู้อ่านควรมีความคุ้นเคยกับ IDE (Integrated Development Environment) จากการพัฒนาโปรแกรมและการดีบั๊กโปรแกรมด้วยภาษา C/C++ ดังนั้น การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เหล่านี้

- เพื่อให้เข้าใจการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้วย IDE ชื่อ CodeBlocks บนระบบปฏิบัติการ Raspberry Pi OS/ Linux/Unix
- เพื่อให้สามารถสร้าง Makefile เพื่อพัฒนาศักยภาพการทำงานเป็นนักพัฒนาอาชีพ
- เพื่อให้เข้าใจความแตกต่างระหว่างการพัฒนาโปรแกรมภาษา C ด้วย IDE และ Makefile

E.1 การพัฒนาโดยใช้ IDE

โปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน IDE ย่อมาจาก Integrated Development Environment ทำหน้าที่ช่วยเหลือโปรแกรมเมอร์ ทดสอบ และอาจรวมถึงควบคุมซอร์สโค้ดให้เป็นปัจจุบัน ขั้นตอนการทดลองนี้เริ่มต้นโดย

1. **ตรวจสอบ**ภายในเครื่องว่ามีโปรแกรมชื่อ CodeBlocks ติดตั้งแล้วหรือไม่ โดยพิมพ์คำสั่งเหล่านี้ลงบนโปรแกรม Terminal

```
$ codeblocks
```

2. หากติดตั้งแล้ว ให้ผู้อ่านข้ามไปข้อที่ 4 ได้ หากไม่มีโปรแกรม ผู้อ่านจะต้องติดตั้ง CodeBlocks โดยพิมพ์คำสั่งเหล่านี้ลงบนโปรแกรม Terminal

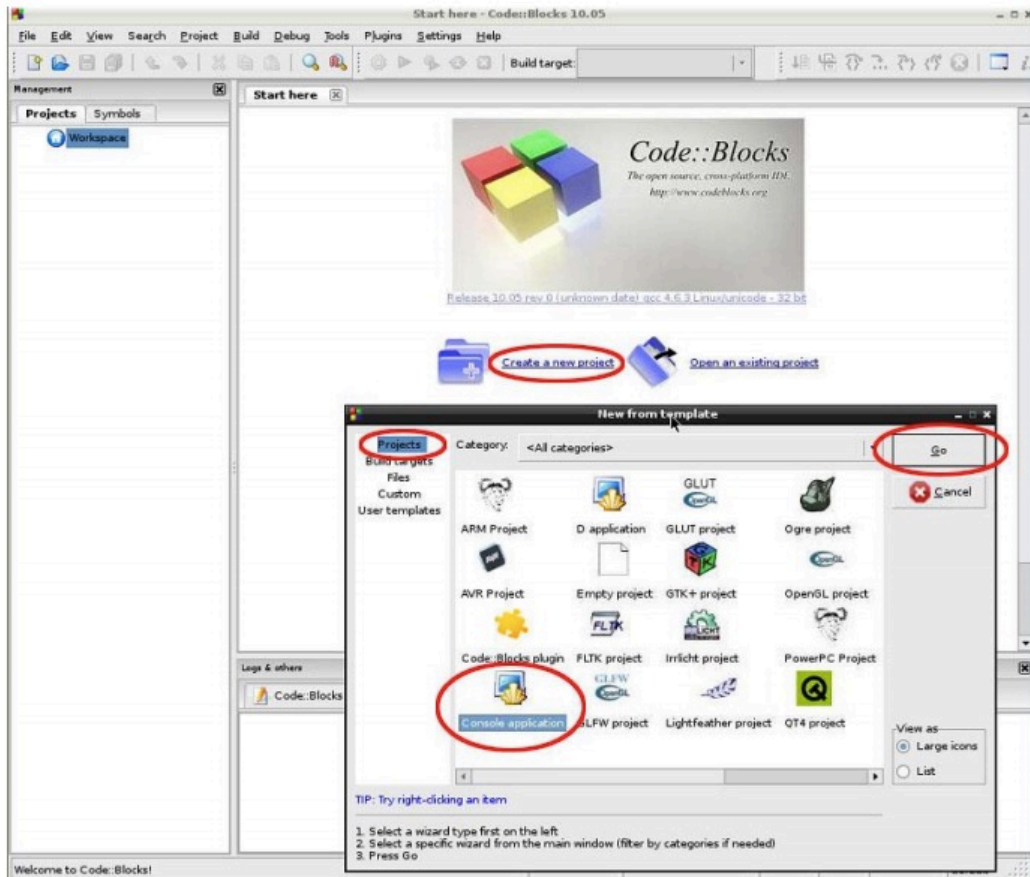
```
$ sudo apt-get install codeblocks
```

คำสั่ง `sudo` นำหน้าคำสั่งใดๆ นี่จะเป็นการเรียกใช้งานคำสั่งนั้นด้วยสิทธิ์ระดับ SuperUser การติดตั้งจะดาวน์โหลดโปรแกรมผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และจำเป็นต้องใช้สิทธิ์ระดับสูงสุดนี้

3. เมื่อติดตั้งเสร็จสิ้น พิมพ์คำสั่งนี้เพื่อเริ่มต้นใช้งาน CodeBlocks

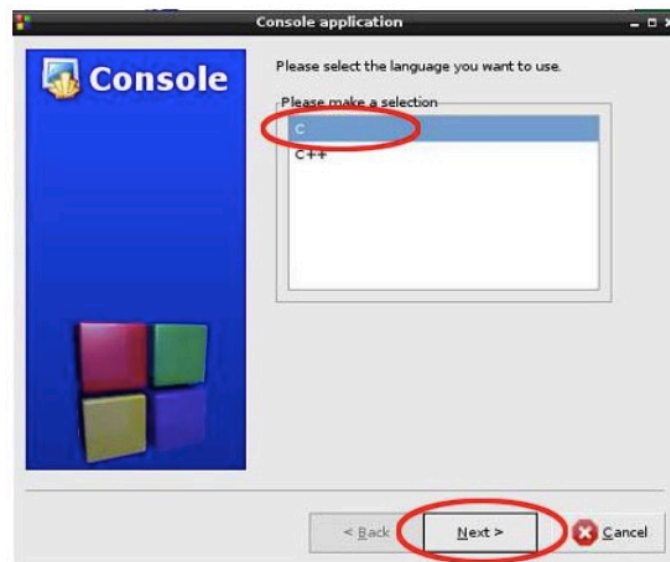
\$ codeblocks

4. การใช้งาน CodeBlocks ครั้งแรกจะเป็นการติดตั้งค่า compiler plug-ins เป็น GCC หรือ GNU C Compiler.
5. หน้าต่างหลักจะปรากฏขึ้น หลังจากนั้น ผู้อ่านควรกด "Create a new project" เพื่อสร้างโปรเจกต์ใหม่ ในหน้าต่าง "New from template"



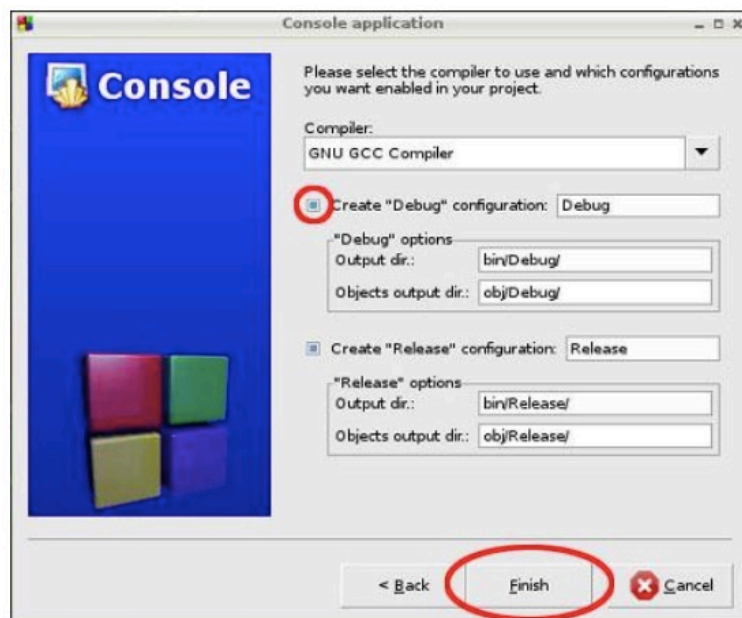
รูปที่ E.1: หน้าต่างเลือกชนิดโปรเจกต์ที่จะพัฒนาเป็นชนิด "Console application"

6. เลือก "New Projects" ในช่องด้านซ้าย แล้วเลือก "Console application" ในช่องด้านขวาเพื่อสร้างโปรแกรมในรูปแบบเท็กซ์โหมด (Text Mode) กดปุ่ม "Go" ตามรูปที่ E.1
7. กดปุ่ม Next> เพื่อดำเนินการต่อ
8. หน้าต่าง "Console application" จะปรากฏขึ้น กดเลือกภาษา "C" เพื่อพัฒนาโปรแกรมแล้วกดปุ่ม "Next>" ตามรูปที่ E.2)



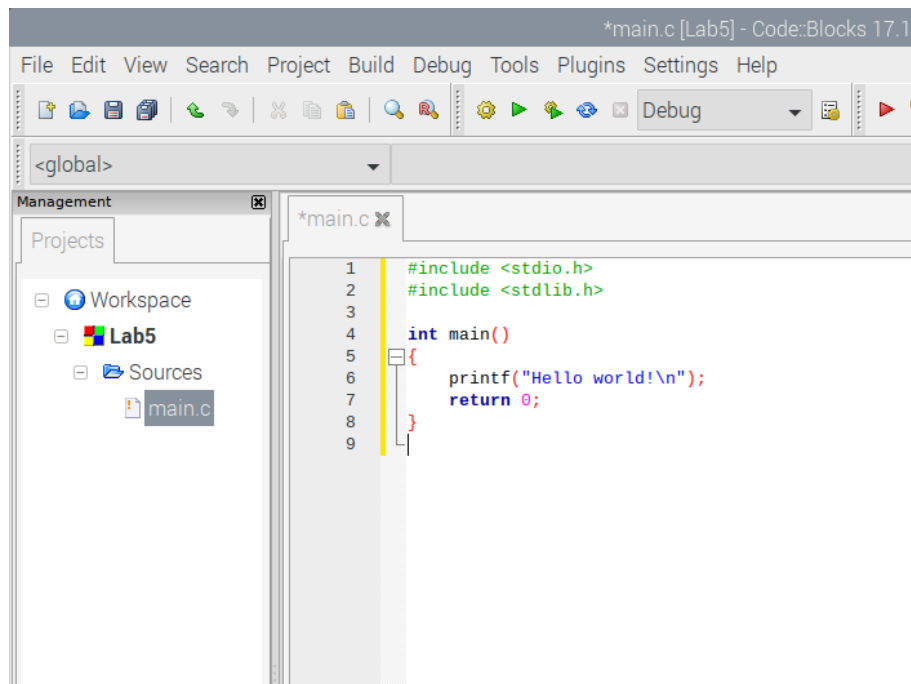
รูปที่ E.2: หน้าต่างเลือกภาษา C หรือ C++ สำหรับโปรเจกต์ที่จะพัฒนา

9. กรอกชื่อโปรเจกต์ใหม่ชื่อ Lab5 ในช่อง Project title: และกรอกชื่อไดเรกทอรี /home/pi/asm/ ในช่อง Folder to create project in: โปรดสังเกตข้อความในช่อง Project filename: ว่าตรงกับ Lab5.cbp ใช่หรือไม่
10. กดปุ่ม "Next>" เพื่อดำเนินการต่อและสุดท้ายจะเป็นขั้นตอนการเลือกคอนฟิกูเรชัน (Configuration) สำหรับคอมไพเลอร์ในรูปที่ E.3 โดย Debug เหมาะสำหรับการเริ่มต้นและแก้ไขข้อผิดพลาด แล้วจึงกดปุ่ม "Finish" เมื่อเสร็จสิ้นการ**ดีบั๊ก**



รูปที่ E.3: การเลือกคอนฟิกูเรชัน (Configuration) Debug สำหรับคอมไพเลอร์ GNU GCC ในโปรเจกต์ Lab5

11. คลิกซ้ายบนชื่อ Lab5 ในหน้าต่าง Management/Workspace ด้านซ้ายมือ เพื่อขยายไดเรกทอรี Sources แล้วจึงคลิกบนไฟล์ไอคอนชื่อ main.c



รูปที่ E.4: การเปิดอ่านไฟล์ main.c ภายใต้โปรเจกต์ Lab5 ที่สร้างขึ้น

คำสั่งเริ่มต้นที่ CodeBlocks สร้างไว้อัตโนมัติในไฟล์ main.c คือ Hello world

12. ป้อนโปรแกรมนี้แทนที่ของเดิมในไฟล์ main.c

```
#include <stdio.h>
int main(void)
{
    int a;
    printf("Please input an integer: ");
    scanf("%d", &a);
    printf("You entered the number: %d\n", a);
    return 0;
}
```

คำสั่ง ↗ text editor
`$ nano main.c`
`$ cd /home/tb3010524/asm/Lab5`
↓
 change directory
`$ mkdir` ↗ make directory
`$ pwd` (not Enter)
↘ check directory
`(ctrl+W)` → save

13. Build->Compile โปรแกรม จนไม่มีข้อผิดพลาด โดยสังเกตจากหน้าต่างด้านล่างสุด

14. รันโปรแกรมเพื่อทดสอบการทำงาน

E.2 การดีบั๊ก (Debugging) โดยใช้ IDE

การดีบั๊กโปรแกรม คือ การตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมอย่างละเอียด CodeBlocks รองรับการดีบั๊กผ่านเมนู Debug ผู้อ่านสามารถเริ่มต้นโดย

1. กด Debug บนเมนูแถบบนสุด เลือก Active Debuggers GDB/CDB Debugger เป็นค่าดีฟอลท์ (Target's Default)

2. เลื่อนเคอร์เซอร์ (Cursor) ไปยังบรรทัดที่ต้องการศึกษา กดปุ่ม F5 เพื่อตั้งเบรกพอยน์ (Break Point) ตรงบรรทัดปัจจุบันของเคอร์เซอร์ โปรแกรมจะเริ่มต้นประโยคด้านซ้ายสุดจะมีวงกลมสีแดงปรากฏขึ้น และเมื่อกด F5 อีกครั้งวงกลมสีแดงจะหายไป เรียกว่า **การท็อกเกิล (Toggle)** เบรกพอยน์ กด F5 อีกครั้งเพื่อสร้างวงกลมสีแดงตรงบรรทัดที่สนใจเพียงจุดเดียวเท่านั้น จับภาพหน้าต่างที่ได้วางไว้ได้คำสั่งนี้เพื่อให้ตรวจสอบ
3. กดปุ่ม F8 (Start/Continue) บนคีย์บอร์ดเพื่อรันโปรแกรมอีกรอบ โปรแกรมจะรันไปจนหยุดตรงประโยคที่มีวงกลมสีแดงนั้น โปรแกรมจะส่งสัญญาณสามเหลี่ยมสีเหลืองซ้อนทับกันอยู่ หลังจากนั้น กดปุ่ม F7 (Next line) เพื่อดำเนินการต่อทีละบรรทัด
4. เลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังประโยคที่มีวงกลมสีแดง กดปุ่ม F5 บนคีย์บอร์ดเพื่อปลดวงกลมสีแดงออก หรือยกเลิกเบรกพอยน์
5. เริ่มต้นการดีบั๊กใหม่เพื่อศึกษาการทำงานของปุ่ม F4 (Run to cursor) โดยเลื่อนเคอร์เซอร์ไปวางบนประโยคที่สนใจ กดปุ่ม F4 และสังเกตว่าสามเหลี่ยมสีเหลืองจะปรากฏหน้าประโยค เพื่อระบุว่าเครื่องรันมาถึงประโยคนี้แล้ว
6. กดปุ่ม F8 เพื่อรันต่อไป จนถึงสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรม
7. ใช้โปรแกรมไฟล์เมเนเจอร์ค้นหาในไดเรกทอรี `/home/pi/asm/Lab5` ว่า ไฟล์ `main.o` ที่เป็นไฟล์อ็อบเจกต์อยู่ในไดเรกทอรีใด
8. ใช้โปรแกรมไฟล์เมเนเจอร์ค้นหาในไดเรกทอรี `/home/pi/asm/Lab5` ว่า ไฟล์ `Lab5` ที่เป็นไฟล์โปรแกรมหรือไฟล์ Executable อยู่ในไดเรกทอรีใด

E.3 การพัฒนาโดยใช้ประโยคคำสั่งทีละขั้นตอน

ผู้อ่านควรเข้าใจคำสั่งพื้นฐานในการแปลโปรแกรมภาษา C ที่สร้างขึ้นใน CodeBlocks ก่อนหน้านี้ ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. เปิดโปรแกรม Terminal หน้าต่างใหม่ แล้วย้ายไดเรกทอรีไปยัง `/home/pi/asm/Lab5` โดยใช้คำสั่ง `cd`
2. ทำการคอมไพล์ (Compile) ไฟล์ซอร์สโค้ดให้เป็นไฟล์อ็อบเจกต์ (.o) โดยเรียกใช้คอมไพเลอร์ชื่อ `gcc` ดังนี้

`$ gcc -c main.c`

o/p ← **คำสั่งสร้าง object file (.o)**

ไฟล์ผลลัพธ์ ชื่อ `main.o` จะปรากฏขึ้น ผู้อ่านต้องตรวจสอบโดยใช้คำสั่ง `ls -la` เพื่อตรวจสอบวันที่และขนาดของไฟล์ เปรียบเทียบการใช้งานกับรูปที่ 3.10 จับภาพหน้าต่างที่ได้วางไว้ได้คำสั่งนี้เพื่อให้ตรวจสอบ

```
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $ pwd
/home/t63010524/asm/Lab5
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $ gcc -c main.c
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $ ls -la
total 16
drwxr-xr-x 2 t63010524 t63010524 4096 Jan 31 14:12 .
drwxr-xr-x 3 t63010524 t63010524 4096 Jan 31 14:06 ..
-rw-r--r-- 1 t63010524 t63010524 150 Jan 31 14:11 main.c
-rw-r--r-- 1 t63010524 t63010524 1888 Jan 31 14:12 main.o
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $
```

Unix/case sensitive

3. ทำการลิงก์ (Link) โดยใช้ gcc ทำหน้าที่เป็นลิงก์เกอร์ (Linker) และแปลงไฟล์อ็อบเจกต์เป็นไฟล์โปรแกรม (Executable file) โดย

\$ gcc main.o -o Lab5

ทั้งชื่อ o/p
ชื่อ file

Executable

ไฟล์โปรแกรม ชื่อ Lab5 จะปรากฏขึ้น ผู้อ่านต้องตรวจสอบโดยใช้คำสั่ง `ls -la` เพื่อตรวจสอบวันที่และขนาดของไฟล์เพื่อเปรียบเทียบกับ main.o จับภาพหน้าต่างที่ได้วางไว้ได้คำสั่งนี้เพื่อให้ตรวจสอบ

```
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $ gcc main.o -o Lab5
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $ ls -la
total 28
drwxr-xr-x 2 t63010524 t63010524 4096 Jan 31 14:14 .
drwxr-xr-x 3 t63010524 t63010524 4096 Jan 31 14:06 ..
-rwxr-xr-x 1 t63010524 t63010524 9416 Jan 31 14:14 Lab5
-rw-r--r-- 1 t63010524 t63010524 150 Jan 31 14:11 main.c
-rw-r--r-- 1 t63010524 t63010524 1888 Jan 31 14:12 main.o
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $
```

4. รัน (Run) โปรแกรม Lab5 โดยพิมพ์

\$./Lab5

เงินเส้น/บอกร์ ๒๕
ชื่อ directory
Current directory ~/home/t63010524/asm/Lab5/Lab5

5. เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ปรากฏขึ้นว่าตรงกับผลการรันใน CodeBlocks หรือไม่
อย่างไร
ค่า input ตรงกับค่า output

E.4 โครงสร้างของ Makefile

นอกเหนือจากการพัฒนาโปรแกรมด้วย IDE แล้ว การพัฒนาด้วย Makefile จะช่วยให้นักพัฒนามือสมัครเล่น และมีอาชีพดำเนินการได้ถูกต้องและรวดเร็ว ไฟล์ชื่อ Makefile เป็นไฟล์อักษรหรือเท็กซ์ไฟล์ (text file) ง่าย ๆ ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างไฟล์ซอร์สโค้ดต่างๆ ไฟล์อ็อบเจกต์ และไฟล์โปรแกรม แต่ละบรรทัดจะมีโครงสร้างดังนี้

```
target : prerequisites ...
<tab>recipe
<tab>      ...
<tab>....
```

- target หมายถึง ชื่อไฟล์ที่จะถูกสร้างขึ้น โดยอาศัยไฟล์ต่างๆ จากส่วนที่เรียกว่า prerequisites นอกจากชื่อไฟล์แล้ว คำสั่ง 'clean' สามารถใช้เป็น target ได้ จึงนิยมใช้สำหรับลบไฟล์ต่างๆ ที่ไม่ต้องการ
- recipe หมายถึง คำสั่งหรือการกระทำที่จะใช้รายชื่อไฟล์ใน prerequisites นั้นมาสร้างไฟล์ target ได้สำเร็จ โดยแต่ละบรรทัดจะต้องเริ่มต้นด้วยปุ่ม tab เสมอ

E.5 การพัฒนาโดยใช้ Makefile

ตัวอย่างนี้เป็นการสร้าง Makefile เพื่อใช้คอมไพล์และลิงก์โปรแกรมเดิมที่เรามีอยู่ ผู้อ่านจะได้เข้าใจกลไกการทำงานที่ง่ายที่สุดก่อน หลังจากนั้นผู้อ่านสามารถศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองได้จากเว็บไซต์หรือตัวอย่างโปรแกรมโอเพนซอร์สที่ซับซ้อนขึ้นเรื่อยๆ ต่อไป

1. ในโปรแกรม Terminal ย้ายไดเรกทอรีปัจจุบันไปที่ `/home/pi/asm/Lab5`
2. เรียกใช้โปรแกรม nano ในหน้าต่าง Terminal

\$ nano **make file เปลา**

กรอกข้อความเหล่านี้ในไฟล์เปลาโดยใช้ nano

Lab5: main.o

←TAB→ gcc main.o -o Lab5

main.o: main.c

↔ gcc -c main.c

clean:

↔ **rm** *.o **→ remove**

3. เมื่อกรอกเสร็จแล้ว ให้ทำการบันทึก หรือ save โดยตั้งชื่อไฟล์ว่า Makefile หรือ makefile ใดๆอย่างหนึ่งโดยไม่มีนามสกุล หลังจากนั้น และบันทึกในไดเรกทอรี `/home/pi/asm/Lab5` แล้วปิดโปรแกรม nano

4. พิมพ์คำสั่งนี้ใน Terminal

\$ make clean

เพื่อเรียกใช้คำสั่ง `rm *.o` ผ่านทาง Makefile เพื่อลบ (Remove) ไฟล์ที่มีนามสกุล .o ทั้งหมด

5. พิมพ์คำสั่งนี้ใน Terminal

\$ make Lab5

Compile → Link
make .o → → Lab5

เพื่อเรียกใช้คำสั่ง `gcc -c main.c` และ `gcc -g main.c -o Lab5` เพื่อสร้างไฟล์คำสั่ง Lab5 ที่จะทำงานตามซอร์สโค้ด main.c ที่กรอกไป โดยไฟล์ Lab5 ที่เกิดขึ้นใหม่จะมีโครงสร้างรูปแบบ ELF

6. พิมพ์คำสั่งนี้ใน Terminal

\$ ls -la

เพื่ออ่านค่าเวลาที่ไฟล์ Lab5 ที่เพิ่งถูกสร้าง โปรดสังเกตสีของชื่อไฟล์ต่างๆ ว่ามีสีอะไรบ้าง และบ่งบอกอะไรตามสีนั้นๆ

7. พิมพ์คำสั่งนี้ใน Terminal

```
$ ./Lab5
```

เพื่อรันโปรแกรม Lab5 ให้ซีพียูปฏิบัติตาม โดย . หมายถึง **current directory** / หมายถึง **Run directory** ที่วางภาพหน้าต่างที่ได้วางไว้ได้คำสั่งนี้เพื่อให้ตรวจสอบ

```
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $ nano makefile
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $ ls
Lab5 main.c main.o makefile
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $ make clean
rm *.o
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $ ls
Lab5 main.c makefile
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $ make Lab5
gcc -c main.c
gcc main.o -o Lab5
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $ ls -la
total 32
drwxr-xr-x 2 t63010524 t63010524 4096 Jan 31 14:27 .
drwxr-xr-x 3 t63010524 t63010524 4096 Jan 31 14:06 ..
-rwxr-xr-x 1 t63010524 t63010524 9416 Jan 31 14:27 Lab5
-rw-r--r-- 1 t63010524 t63010524 150 Jan 31 14:11 main.c
-rw-r--r-- 1 t63010524 t63010524 1888 Jan 31 14:27 main.o
-rw-r--r-- 1 t63010524 t63010524 78 Jan 31 14:24 makefile
t63010524@raspberrypi:~/asm/Lab5 $ ./Lab5
Please input an integer: 6
You entered the number: 6
```

8. คลิกบนลิงก์ต่อไป sunshine2k.de เพื่อเปิดเบราว์เซอร์และอัปโหลดไฟล์ Lab5 ที่ได้จากการคอมไพล์ และลิงก์ก่อนหน้านี้ ตรวจสอบค่า Status: File successfully loaded หรือไม่

9. เปิดเบราว์เซอร์ให้เต็มจอแล้วเลื่อนหน้าจอแสดงผลขึ้นเพื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างของไฟล์ ELF ในรูปที่ 3.14 แคปเจอร์หน้าจอบริเวณที่เก็ชเช็กเมนต์และดาต้าเช็กเมนต์ของ Lab5 วางภาพหน้าต่างที่ได้วางไว้ได้คำสั่งนี้เพื่อให้ตรวจสอบ

Status: **File successfully loaded**

13	.text	SHT_PROGBITS	0x0000000000000660	0x0000000000000660	0x0000000000000214	0x00000000	0x00000000	0x0000000000000010	0x0000000000000000	Alloc Exec
14	.fini	SHT_PROGBITS	0x0000000000000874	0x0000000000000874	0x0000000000000010	0x00000000	0x00000000	0x0000000000000004	0x0000000000000000	Alloc Exec
15	.rodata	SHT_PROGBITS	0x0000000000000888	0x0000000000000888	0x000000000000002F	0x00000000	0x00000000	0x0000000000000008	0x0000000000000000	Alloc
16	.eh_frame_hdr	SHT_PROGBITS	0x00000000000008B8	0x00000000000008B8	0x0000000000000044	0x00000000	0x00000000	0x0000000000000004	0x0000000000000000	Alloc
17	.eh_frame	SHT_PROGBITS	0x0000000000000900	0x0000000000000900	0x00000000000000E4	0x00000000	0x00000000	0x0000000000000008	0x0000000000000000	Alloc
18	.init_array	SHT_INIT_ARRAY	0x00000000000010B8	0x00000000000000B8	0x0000000000000008	0x00000000	0x00000000	0x0000000000000008	0x0000000000000008	Write Alloc
19	.fini_array	SHT_FINI_ARRAY	0x00000000000010DC0	0x00000000000000C0	0x0000000000000008	0x00000000	0x00000000	0x0000000000000008	0x0000000000000008	Write Alloc
20	.dynamic	SHT_DYNAMIC	0x00000000000010DC8	0x00000000000000C8	0x00000000000001E0	0x00000006	0x00000000	0x0000000000000008	0x0000000000000010	Write Alloc
21	.got	SHT_PROGBITS	0x00000000000010FA8	0x00000000000000F8	0x0000000000000040	0x00000000	0x00000000	0x0000000000000008	0x0000000000000008	Write Alloc
22	.got.plt	SHT_PROGBITS	0x00000000000010FE8	0x00000000000000F8	0x0000000000000040	0x00000000	0x00000000	0x0000000000000008	0x0000000000000008	Write Alloc
23	.data	SHT_PROGBITS	0x00000000000011028	0x0000000000000128	0x0000000000000010	0x00000000	0x00000000	0x0000000000000008	0x0000000000000000	Write Alloc

E.6 การตรวจจับ Overflow คณิตศาสตร์เลขจำนวนเต็มฐานสอง

E.6.1 เลขจำนวนเต็มฐานสองไม่มีเครื่องหมาย

หัวข้อที่ 2.3.1 กล่าวถึงการบวกเลขจำนวนเต็มชนิดไม่มีเครื่องหมาย 2 จำนวน ผลลัพธ์ที่ได้จะไม่มีเครื่องหมายด้วยเช่นกัน แต่การบวกเลขขนาดใหญ่ที่เข้าใกล้ค่าสูงสุด สามารถเกิดความผิดพลาดได้ เรียกว่า **การเกิดโอเวอร์โฟลว์ (Overflow)** ในสมการที่ (2.43) ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากวงจรดิจิทัลที่สามารถประมวลผลได้จำกัด ตามจำนวนบิตข้อมูลสูงสุดที่ได้ ในตัวอย่างการแปลงเลขฐานสองเป็นฐานสิบที่ได้แสดงไปแล้ว ยกตัวอย่างเช่น การวนรอบหรือวนลูป (Loop) เพิ่มค่าอย่างต่อเนื่องโดยไม่ระวัง ตามประโยคในภาษา C/C++ ตามการทดลองต่อไปนี้

1. ทดสอบโปรแกรมภาษา C ต่อไปนี้

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    unsigned int i=1;
    while (i>0) {
```

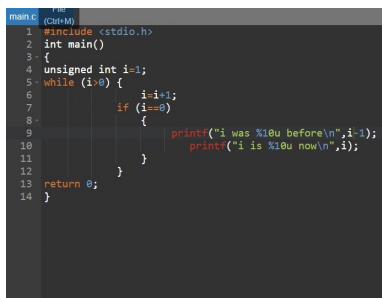


```

        i=i+1;
        if (i==0) {
            printf("i was %10u before\n", i-1);
            printf("i is %10u now\n", i);
        }
    }
    return 0;
}

```

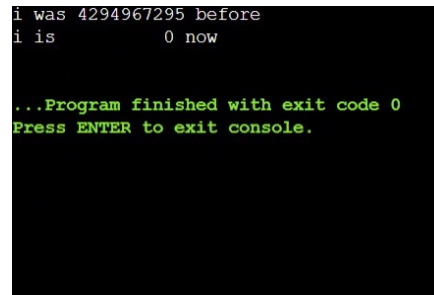
- อธิบายว่า ประกาศตัวแปรจึงตั้งค่าเริ่มต้น unsigned int i=1; *unsigned int เก็บค่าได้ตั้งแต่ 0-4294967295*
- การวนลูปเพิ่มค่า i=i+1 จน i มีค่าเป็นศูนย์แล้วแสดงผลค่าของ i มาทางหน้าจอ เมื่อเกิดเหตุการณ์อะไร เพราะเหตุใด *เพราะค่า unsigned int ไม่เก็บจำนวนลบ จะเก็บตั้งแต่ 0-(2³²-1)*
- จับภาพหน้าต่างที่ได้วางไว้ได้คำสั่งนี้เพื่อให้ตรวจสอบ



```

main.c
1 #include <stdio.h>
2 int main()
3 {
4     unsigned int i=1;
5     while (i>0) {
6         i=i+1;
7         if (i==0) {
8             printf("i was %10u before\n", i-1);
9             printf("i is %10u now\n", i);
10        }
11    }
12    return 0;
13 }

```



```

i was 4294967295 before
i is 0 now

...Program finished with exit code 0
Press ENTER to exit console.

```

E.6.2 เลขจำนวนเต็มฐานสองมีเครื่องหมายชนิด 2's Complement

หัวข้อที่ ?? กล่าวถึงการบวกเลขจำนวนเต็มชนิดมีเครื่องหมาย 2 จำนวน ผลลัพธ์ที่ได้จะมีเครื่องหมายด้วยเช่นกัน แต่การบวกเลขขนาดใหญ่ที่เข้าใกล้ค่าสูงสุด สามารถเกิดความผิดพลาดได้ เรียกว่า การเกิดโอเวอร์โฟลว์ (Overflow) ในสมการที่ (2.47) ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากวงจรดิจิทัลที่สามารถประมวลผลได้จำกัด ตามจำนวนบิตข้อมูลสูงสุดที่ทำได้ ในตัวอย่างการแปลงเลขฐานสองเป็นฐานสิบที่ได้แสดงไปแล้ว ยกตัวอย่างเช่น การวนรอบหรือวนลูป (Loop) เพิ่มค่าอย่างต่อเนื่องโดยไม่ระวัง ตามประโยคในภาษา C/C++ ตามการทดลองต่อไปนี้

- ทดสอบโปรแกรมภาษา C ต่อไปนี้

```

#include <stdio.h>

int main()
{
    int i=1;
    while (i>0) {
        i=i+1;
        if (i<0) {
            printf("i was %10d before\n", i-1);

```

```

        printf("i is %10d now\n", i);
        break;
    }
}
return 0;
}

```

- อธิบายว่า ประกาศตัวแปรจึงตั้งค่าเริ่มต้น int i=1;
 Before: 2147483647 $\rightarrow 2^{31}-1$
 Now: -2147483648 $\rightarrow -2^{31}$
- การวนลูปเพิ่มค่า i=i+1 จน i มีค่าน้อยกว่าศูนย์แล้วแสดงผลค่าของ i มาทางหน้าจอ เมื่อเกิดเหตุการณ์อะไร เพราะเหตุใด
 Before: -2147483648 $\rightarrow -2^{31}$
 Now: 2147483647 $\rightarrow 2^{31}-1$
- จับภาพหน้าต่างที่ได้วางไว้ได้คำสั่งนี้เพื่อให้ตรวจสอบ

```

main.c
1 #include <stdio.h>
2 int main()
3 {
4     int i=1;
5     while (i>0) {
6         i=i+1;
7         if (i<0) {
8             printf("i was %10d before\n", i-1);
9             printf("i is %10d now\n", i);
10            break;
11        }
12    }
13    return 0;
14 }

```

```

i was 2147483647 before
i is -2147483648 now

...Program finished with exit code 0
Press ENTER to exit console.

```

E.7 กิจกรรมท้ายการทดลอง

- จงเปรียบเทียบไฟล์การพัฒนาโปรแกรมในภาคผนวกนี้กับรูปที่ 3.9
- ใน Terminal จงย้ายไดเรกทอรีปัจจุบันไปที่ /home/pi/asm/Lab5
 $\$ ls -la$
 เพื่ออ่านรหัสสีของชื่อไฟล์ต่างๆ
- จงพัฒนาโปรแกรมภาษา C โดยประกาศตัวแปรและตั้งค่าเริ่มต้น int i=-1 และให้วนลูปลดค่า i=i-1 จน i มีค่าเป็นบวกแล้วแสดงผลค่าของ i ออกมาทางหน้าจอ โดยใช้โปรแกรมในหัวข้อที่ E.6.2 เป็นต้นแบบ
- จงพัฒนาโปรแกรมภาษา C ให้สามารถอ่านไฟล์ Makefile เพื่อแสดงตัวอักษรในไฟล์ที่ละตัวและค่ารหัส ASCII ฐานสิบหกของตัวอักษรนั้นบนหน้าจอ แล้วปิดไฟล์เมื่อเสร็จสิ้น
- จงพัฒนาโปรแกรมภาษา C เพื่อสร้างพิมพ์เลขอนุกรม Fibonacci โดยรับค่าเลขเป้าหมาย n ซึ่งเกิดจาก $n = (n-1) + (n-2)$ และรายละเอียดเพิ่มเติมได้จาก [wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Fibonacci_sequence) ตัวอย่างต่อไปนี้ n=5 และพิมพ์ผลลัพธ์ดังนี้
 1 1 2 3 5

```

main.c
1 #include <stdio.h>
2 int main(){
3     int n = 0;
4     printf("n=");
5     scanf("%d", &n);
6
7     int f[n+1], i;
8
9     f[0] = 0;
10    f[1] = 1;
11
12    for (int i = 2; i <= n; i++){
13        f[i] = f[i-1] + f[i-2];
14    }
15
16    for (int j = 1; j <= n; j++){
17        printf("%d ", f[j]);
18    }
19
20 }

```

```

n=5
1 1 2 3 5

...Program finished with exit code 0
Press ENTER to exit console.

```