62010619 พัทธพล จันทร์ชู

62010785 ลิขิตภูมิ ลิขิตงาม

ภาคผนวก K

การทดลองที่ 11 การเชื่อมต่อกับสัญญาณอินเทอร์รัพท์

การทดลองนี้คาดว่าผู้อ่านเคยเรียนการเขียนหรือพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C และแอสเซมบลีจากการทดลองก่อนหน้า ดังนั้น การทดลองมีวัตถุประสงค์เหล่านี้

- เพื่อพัฒนาการทำงานของอินเทอร์รัพท์ร่วมโปรแกรมภาษา C และแอสเซมบลี ตามเนื้อหาในหัวข้อที่ 6.12
- เพื่อศึกษาการทำงานของอินเทอร์รัพท์ร่วมกับขา GPIO ตามเนื้อหาใน หัวข้อที่ 6.11

K.1 การจัดการอินเทอร์รัพท์ของ WiringPi

ไลบรารี wiringPi รองรับการทำอินเทอร์รัพท์ของ GPIO ได้ ทำให้โปรแกรมหลักสามารถทำงาน หลักได้ตามปกติ เมื่อเกิดสัญญาณอินเทอร์รัพท์ขึ้น ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณจากการกดปุ่ม ทำให้เกิดขอบขาขึ้นหรือขอบขาลงหรือทั้งสองขอบ โดยการเรียกใช้คำสั่ง

```
wiringPiISR(pin, edgeType, &callback)
```

โดย pin หมายถึง เลขขาที่ wiringPi กำหนด edgeType กำหนดจากค่าคงที่ 4 ค่านี้

- INT_EDGE_FALLING,
- INT_EDGE_RISING,
- INT_EDGE_BOTH
- INT_EDGE_SETUP.

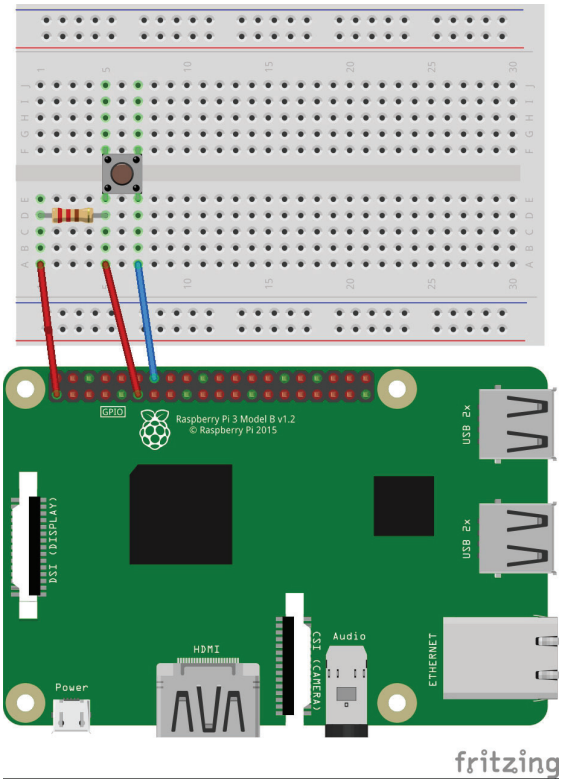
การกำหนดชนิดขอบขาเป็น 3 ชนิดแรก ไลบรารีจะตั้งค่าเริ่มต้น (Innitialization) ให้โดยอัตโนมัติ หากกำหนดชนิดขอบเป็น INT_EDGE_SETUP ไลบรารีจะไม่ตั้งค่าเริ่มต้น (Innitialization) ให้ เนื่องจากโปรแกรมเมอร์จะต้องกำหนดเอง

พารามิเตอร์ **callback** คือ ชื่อฟังค์ชันที่จะทำหน้าที่เป็น ISR สัญลักษณ์ & หมายถึง แอดเดรสของฟังค์ชัน callback ฟังค์ชัน callback นี้จะเริ่มต้นทำงานโดยแจ้งต่อวงจร Dispatcher ในหัวข้อที่ 6.12 ก่อนจะเริ่มต้น

ทำงาน โดยฟังค์ชัน callback จะสามารถอ่าน หรือเขียนค่าของตัวแปรโกลบอลในโปรแกรมได้ ซึ่งตัวอย่างการทำงานจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

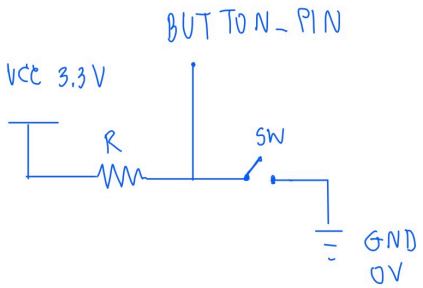
K.2 วงจรปุ่มกด Push Button เชื่อมผ่านขา GPIO

1. ชัทดาวน์และตัดไฟเลี้ยงออกจากบอร์ด Pi3 เพื่อความปลอดภัยในการต่อวงจร
2. ต่อวงจรตามรูปที่ K.1



รูปที่ K.1: วงจรกดปุ่มสำหรับทดลองการเขียนโปรแกรมอินเทอร์รัพต์ในการทดลองที่ 11 ที่มา: fritzing.org

3. จงวาดวงจรที่ต่อในรูปที่ K.1 ประกอบด้วย สวิทช์กดปุ่ม ตัวต้านทาน ไฟเลี้ยง 3.3 โวลท์ ขา BUTTON_PIN และกราวด์ (0 โวลท์)



4. ตรวจสอบความถูกต้อง โดยให้ผู้ควบคุมการทดลองตรวจสอบ
5. สร้าง project ใหม่ชื่อ Lab11 ภายใต้ไดเรคทอรี /home/pi/asm/Lab11

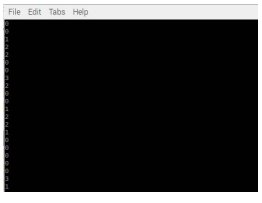
K.3 โปรแกรมภาษา C สำหรับทดสอบวงจรอินเทอร์รัพท์

ผู้อ่านต้องทำความเข้าใจกับตัวโปรแกรมก่อนคอมไพล์หรือรันโปรแกรม เพื่อความเข้าใจสูงสุด โดยเฉพาะชื่อตัวแปร ชนิดของตัวแปร evenCounter การติดตั้งฟังค์ชัน wiringPiISR เพื่อเชื่อมโยงกับขา GPIO ชนิดของการตรวจจับ และชื่อฟังค์ชัน myInterrupt ซึ่งทำหน้าที่เป็น ISR หรือ ฟังค์ชัน callback

```
#include <stdio.h>
#include <errno.h>
#include <wiringPi.h>
#define BUTTON_PIN 0
// Use GPIO Pin 17 = Pin 0 of wiringPi library
volatile int eventCount = 0;
void myInterrupt(void) {  // called every time an event occurs
  eventCount++; // the event counter
}
int main(void) {
  if (wiringPiSetup()<0)   // check the existence of wiringPi library
  {
    printf (”Cannot setup wiringPi: %s\n”, strerror (errno));
    return 1; // error code = 1
  }
  // set wiringPi Pin 0 to generate an interrupt from 1-0 transition
  // myInterrupt() = my Interrupt Service Routine
  if (wiringPiISR (BUTTON_PIN, INT_EDGE_FALLING, &myInterrupt) < 0) {
    printf (”Cannot setup ISR: %s\n”, strerror (errno));
    return 2; // error code = 2
  }
  // display counter value every second
  while(1) {
    printf(”%d\n”, eventCount);
    eventCount = 0;
    delay(1000); // wait 1000 milliseconds = 1 second
  }
  return 0;  // error code = 0 (No Error)
}
```

1. ป้อนโปรแกรมด้านบนใน main.c โดยใช้โปรแกรม Text Editor ทั่วไป
2. สร้าง makefile สำหรับคอมไพล์และลิงค์โปรแกรมจากการทดลองก่อนหน้านี้ จนไม่เกิดข้อผิดพลาด
3. รันโปรแกรม ทดสอบการทำงานด้วยการกดปุ่มที่ต่อไว้ สังเกตผลลัพธ์ทางหน้าจอ Terminal ที่รัน

```
$ sudo ./Lab11
```



K.4 กิจกรรมท้ายการทดลอง

1. จงวาดสัญญาณที่ขา BUTTON_PIN ก่อนกดปุ่ม ระหว่างกดปุ่ม และปล่อยมือจากปุ่มกด โดยให้แกนนอนเป็นแกนเวลา แกนตั้งเป็นค่าโวลเตจ หรือ ค่าลอจิคของขาสัญญาณ BUTTON_PIN
2. จงบอกความหมายและการประยุกต์ใช้งานตัวแปรชนิด volatile

   ตัวแปรชนิด volatile คือชนิดตัวแปลที่บอกให้ compiler รู้ว่าเป็นตัวตัวแปลที่เปลี่ยนค่าตลอดเวลา เพื่อไม่ให้ compiler มาทำการ Optimize Code ส่วนของตัวแปรที่ประกาศไว้
   ประยุกต์ใช้กับค่าที่ต้องการความแม่นยำเพื่อป้องกันไม่ให้ compiler มา Optimize ตัวแปรที่กำหนด

3. ปรับแก้ volatile ออกเหลือแค่ int eventCount = 0; make แล้วจึงรัน

โปรแกรมทดสอบการทำงาน

ด้วยการกดปุ่มที่ต่อไว้ สังเกตผลลัพธ์ทางหน้าจอ Terminal ที่รัน เปรียบเทียบการทำงานของโปรแกรมก่อนและหลังการปรับแก้ และหาเหตุผล

4. จงปรับแก้โปรแกรมที่ทดลองตามประโยคต่อไปนี้

```
if (wiringPiISR (BUTTON_PIN, INT_EDGE_RISING, &myInterrupt) < 0) {
  ...
}
```

ทำ make ใหม่และทดลองกดปุ่ม สังเกตการเปลี่ยนแปลงและอธิบาย

5. จงตอบคำถามจากประโยคต่อไปนี้

```
if (wiringPiISR (BUTTON_PIN, INT_EDGE_FALLING, &myInterrupt) < 0) {
  ...
}
```

   - ฟังค์ชัน wiringPiISR ทำหน้าที่อะไร เหตุใดอยู่ในประโยคเงื่อนไข if
   - ตัวแปร &myInterrupt คืออะไร เหตุใดจึงมีสัญลักษณ์ & นำหน้า
   - ฟังค์ชันนี้เชื่อมโยงกับตารางที่ 6.6 อย่างไร

6. จงใช้วงจรหลอด LED 3 ดวงและโปรแกรมจากการทดลองที่ 10 นับขึ้นจาก 0-7-0 โดยเพิ่มปุ่มกดในการทดลองนี้ และเพิ่มฟังค์ชันการอินเทอร์รัพท์จากโปรแกรม Lab11.2 นี้ เมื่อกดปุ่มแต่ละครั้งจะทำให้ความเร็วในการนับเพิ่มขึ้น หรือ Delay สั้นลงครึ่งหนึ่ง เมื่อกดครั้งที่ 2 จะสั้นลงอีกครึ่งหนึ่ง เมื่อกดครั้งที่ 3 จะทำให้ Delay กลับไปเป็นค่าเริ่มต้น

   รูปโค้ดอยู่ด้านล่าง ไฟล์โค้ดอยู่ในไฟล์ชื่อ ex6.c วีดีโออยู่ในไฟล์ชื่อ video_ex6.mp4

7. จงใช้วงจรหลอด LED 3 ดวงและโปรแกรมจากการทดลองที่ 10 แต่นับลงจาก 7-0-7 โดยเพิ่มปุ่มกดในการทดลองนี้ และเพิ่มฟังค์ชันการอินเทอร์รัพท์จากโปรแกรม Lab11.2 นี้ เมื่อกดปุ่มแต่ละครั้งจะทำให้ความเร็วในการนับลดลง หรือ Delay เพิ่มขึ้นเท่าตัว เมื่อกดครั้งที่ 2 Delay เพิ่มขึ้นอีกเท่าตัว เมื่อกดครั้งที่ 3 จะทำให้ Delay กลับไปเป็นค่าเริ่มต้น

ข้อที่ 6

```c
#include <stdio.h>
#include <errno.h>
#include <wiringPi.h>
#define BUTTON_PIN 0
// Use GPIO Pin 17 = Pin 0 of wiringPi library
int delayT = 1000;
int count=0;
volatile int eventCount = 0;
void myInterrupt(void) { // called every time an event occurs
    // the event counter
    if(eventCount==0){
        if(count==0){
            delayT=delayT/2;
            count=1;
        }else if(count==1){
            delayT = delayT/2;
            count =2;
        }else if(count==2){
            delayT = 1000;
            count=0;
        }

    }
    eventCount++;
}
int main(void) {
    int pin1 = 23; //msb
    int pin2 = 24;
    int pin3 = 25; //lsb
    if (wiringPiSetup()<0) // check the existence of wiringPi library
    {
        printf ("Cannot setup wiringPi: %s\n", strerror (errno));
        return 1; // error code = 1
    }
    // set wiringPi Pin 0 to generate an interrupt from 1-0 transition
    // myInterrupt() = my Interrupt Service Routine
    if (wiringPiISR (BUTTON_PIN, INT_EDGE_FALLING, &myInterrupt) < 0) {
        printf ("Cannot setup ISR: %s\n", strerror (errno));
        return 2; // error code = 2
    }
    // display counter value every second
    pinMode(pin1, OUTPUT); /* set pin=7 to Output mode */
    pinMode(pin2, OUTPUT);
    pinMode(pin3, OUTPUT);
    int i=0;
    int x=1; //pos to neg
    while(1) {
        printf("%d\n", count);
        eventCount = 0;
        digitalWrite(pin1, (i&4)>>2);
        digitalWrite(pin2, (i&2)>>1);
        digitalWrite(pin3, i&1);
        i=i+x;
        if(i==7){
            x=-1;
        }
        if(i==0){
            x=1;
        }
        delay(delayT);
    }
    return 0; // error code = 0 (No Error)
}
```