

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ

1^η ΑΣΚΗΣΗ

31/03/2022

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ 1067535

ΠΡΑΠΠΑΣ ΤΡΑΝΤΑΦΥΛΛΟΣ 1067504

Πείραμα

Ο κώδικας της άσκησης είναι ο ακόλουθος:

```
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <stdio.h>

#define ped 200
#define delay 200
#define trafficLightsDelay 20

// A flag indicating whether the traffic light for the pedestrians is green or
// red
int pedestrianInterrupt = 0;

int main()
{
    // PIN0 => The big road's traffic light (cars)

    // PIN1 => The small road's traffic light (cars)

    // PIN2 => The big road's pedestrian traffic light (people)

    // For PIN0.OUT == 0 (GREEN)
    { PIN1.OUT = 1 (RED), PIN2.OUT = 1 (RED) }    --> Initial state

    // For PIN0.OUT == 1 (RED)
    { PIN1.OUT = 0 (GREEN), PIN2.OUT = 0 (GREEN) }    --> Smart button pressed

    // For PIN1.OUT == 0 (GREEN)
    { PIN0.OUT = 1 (RED), PIN2.OUT = 0 (GREEN) }
    --> Rand().Last(x => x == 5 || x == 8 || x == 0)

    // PIN0 is output
    PORTD.DIR |= PIN0_bm;
    // PIN1 is output
    PORTD.DIR |= PIN1_bm;
    // PIN2 is output
    PORTD.DIR |= PIN2_bm;

    // Pull-up enable and interrupt enabled with sense on both edges
    PORTF.PIN5CTRL |= PORT_PULLUPEN_bm | PORT_ISC_BOTHEDGES_gc;
    // Enable interrupts
    sei();

    while(1)
    {
        // LED is off (Red Light on the small road)
        PORTD.OUT |= PIN1_bm;
        // LED is off (Red Light on the pedestrian traffic light)
        PORTD.OUT |= PIN2_bm;

        // Waits for 2 seconds
        _delay_ms(trafficLightsDelay);

        // LED is on (Green Light on the big road)
        PORTD.OUTCLR= PIN0_bm;

        // Gives us a random number
        int randomNumber = rand();
    }
}
```

```

// Gives us the last digit of the random number
int lastDigit = randomNumber % 10;

// If the last digit of the random number is 0, 5, 8...
// And the interrupt flag is 0...
if((lastDigit == 0 || lastDigit == 5 || lastDigit == 8)
    && pedestrianInterrupt == 0)
{
    // LED is off (Red Light on the big road)
    PORTD.OUT |= PIN0_bm;

    // Wait for 2 sec for simulator
    _delay_ms(trafficLightsDelay);

    // LED is on (Green Light on the small road)
    PORTD.OUTCLR = PIN1_bm;
    // LED is on (Green Light on the pedestrian traffic light)
    PORTD.OUTCLR = PIN2_bm;

    // Wait for 20 sec for simulator
    _delay_ms(delay);
}

if(pedestrianInterrupt == 1)
{
    // LED is off (Red Light on the big road)
    PORTD.OUT |= PIN0_bm;

    // Wait for 2 sec for simulator
    _delay_ms(trafficLightsDelay);

    // LED is on (Green Light on the small road)
    PORTD.OUTCLR = PIN1_bm;
    // LED is on (Green Light on the pedestrian traffic light)
    PORTD.OUTCLR = PIN2_bm;

    // Clear counter
    TCA0.SINGLE.CNT = 0;
    // Normal Mode
    TCA0.SINGLE.CTRLB = 0;
    // When reaches this value
    -> interrupt CLOCK FREQUENCY/1024
    TCA0.SINGLE.CMP0 = ped;
    TCA0.SINGLE.CTRLA = TCA_SINGLE_CLKSEL_DIV1024_gc;
    // Enable
    TCA0.SINGLE.CTRLA |= 1;
    // Interrupt Enable (=0x10)
    TCA0.SINGLE.INTCTRL = TCA_SINGLE_CMP0_bm;
    // Begin accepting interrupt signals
    sei();

    // While the pedestrian interrupt flag is 1...
    while (pedestrianInterrupt == 1)
    {
        // Wait...
    }
}

// Dis-enable interrupts
cli();
}

```

```

ISR(PORTF_PORT_vect)
{
    // Clear the interrupt flag
    int intflags = PORTF.INTFLAGS;
    PORTF.INTFLAGS = intflags;
    // Set the pedestrian's interrupt flag to 1
    pedestrianInterrupt = 1;
}

ISR(TCA0_CMP0_vect)
{
    // Disable
    TCA0.SINGLE.CTRLA = 0;
    // Clear flags
    int intflags = TCA0.SINGLE.INTFLAGS;
    TCA0.SINGLE.INTFLAGS = intflags;
    // Set the pedestrian's interrupt flag to 0
    pedestrianInterrupt = 0;
}

```

Ο παραπάνω κώδικας θα μπορούσε να πει κανείς ότι αποτελεί συνδυασμό των παραδειγμάτων που μας δόθηκαν στο φυλλάδιο. Αρχικά κάναμε ένα πρόχειρο σχεδιάγραμμα για το πως είναι ο δρόμος (μεγάλος δρόμος με φανάρι, μικρός δρόμος με φανάρι και ένα φανάρι πεζών στον μεγάλο δρόμο). Οι περισσότερες εντολές έχουν αναλυθεί μέσω σχολίων στον παραπάνω κώδικα, σε αυτό το σημείο όμως θα θέλαμε να αναφερθούμε στις ISR routines που έχουμε χρησιμοποιήσει και στον τρόπο με τον οποίο πυροδοτούνται.

Ας ξεκινήσουμε με την **ISR(PORTF_PORT_vect)**, η συγκεκριμένη ενεργοποιείται όταν θέσουμε '1' το bit 5 του INTFLAGS στο PORTF. Αφού γίνει αυτό στο επόμενο step over που θα κάνουμε και ύστερα από χρήση breakpoint θα μεταφερθούμε στην **ISR(PORTF_PORT_vect)** η οποία αφού εκτελεσθεί θα θέσει το interrupt μας (*pedestrianInterrupt*) σε '1' και θα επιστρέψουμε στην main. Αφού συνεχίσει να εκτελείτε η main μας, και εφόσον το *pedestrianInterrupt* = 1, θα εκτελεσθεί το *if(pedestrianInterrupt == 1)* στο οποίο θα ξεκινήσει να μετράει το Timer που έχουμε όταν πατάμε το κουμπί για να ενεργοποιηθεί το φανάρι των πεζών (Όλα τα interrupt που έχουμε αναφέρει σχετίζονται με το έξυπνο φανάρι). Με τις εντολές μέσα στην *if* που αναφέραμε θέτουμε τον Timer σε λειτουργία και όταν φτάσουμε στην *while(pedestrianInterrupt == 1)* και πατήσουμε continue στον debugger θα πρέπει να περιμένουμε τον χρόνο που έχουμε θέσει στον timer, στην περίπτωση μας 20 δευτερόλεπτα.

Όταν ο Timer φτάσει στο τέλος του θα πάμε στη **ISR(TCA0_CMP0_vect)** ρουτίνα, η οποία μόλις ολοκληρωθεί και αλλάξει το *pedestrianInterrupt* σε '0' θα επιστρέψουμε στην αρχή της *while(1)*, που θεωρείται η αρχική μας κατάσταση και το πρόγραμμα θα συνεχίσει να τρέχει.

Επίσης, η λογική για την ενεργοποίηση του φαναριού του μικρού δρόμου είναι η εξής: όσο βρισκόμαστε στην *while(1){...}* θέτει τα φανάρια στην αρχική τους κατάσταση. Στην συνέχεια με τη βοήθεια της *rand()* μεθόδου της γλώσσας C, που επιστρέφει έναν τυχαίο ακέραιο αριθμό, παίρνοντας το τελευταίο της ψηφίο, διαιρώντας με το 10 και επιστρέφοντας το υπόλοιπο, τσεκάρουμε και σύμφωνα με τα ζητούμενα τις άσκησης για τους αριθμούς 0, 5 και 8 και επιπλέον αν *pedestrianInterrupt* == 0, τότε ανιχνεύει ο αισθητήρας του μικρού δρόμου αυτοκίνητο και έτσι το φανάρι του μεγάλου δρόμου γίνεται κόκκινο και πράσινα γίνονται τα φανάρια του μικρού δρόμου, καθώς και των πεζών. Τότε, έχουμε μια καθυστέρηση των 20 δευτερολέπτων μέχρι να επιστρέψουμε στην αρχική μας κατάσταση.

*Παραδοχές:

Για την καλύτερη λειτουργία των φαναριών υποθέσαμε ότι υπάρχει μια μικρή καθυστέρηση των 2 δευτερολέπτων μεταξύ της αλλαγής του φαναριού του μεγάλου δρόμου με του φαναριού των πεζών και του φαναριού του μικρού δρόμου.

Διορθώσεις

Πιθανές αλλαγές που θα κάνουμε την ώρα του εργαστηρίου (αν χρειάζονται):