



Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής

Προηγμένοι Μικροεπεξεργαστές

Εργαστηριακή Άσκηση 1

*Κατσαρός Ανδρέας 1084522
Ποταμιάνος Άγγελος Νικόλαος 1084537*

Πάτρα, 2023-24

Ερωτήματα Εργαστηριακής Άσκησης 1

1 Υλοποιήστε την λειτουργία της διαχείρισης των φαναριών του μεγάλου δρόμου και των πεζών, χρησιμοποιώντας όλες τις διαδικασίες που εξηγήθηκαν.

2 Προσθέστε την λειτουργία διαχείρισης του τραμ και του χρονικού διαστήματος ανά το οποίο περνάει από το συγκεκριμένο σημείο του σιδηρόδρομου.

Ερώτημα 1:

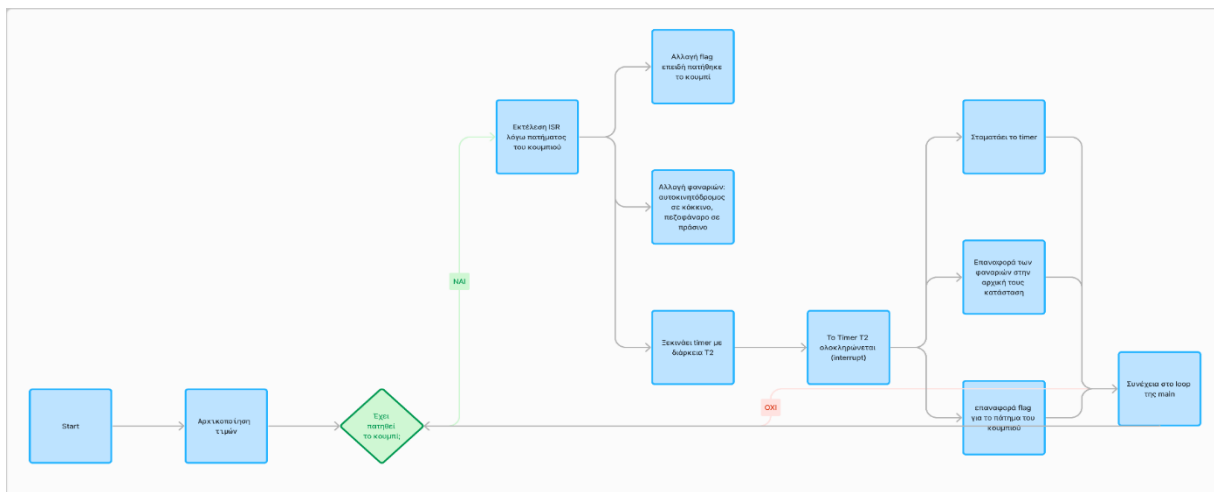
Μπορείτε να έχετε πρόσβαση και σε ολόκληρο τον κώδικα στο τέλος της αναφοράς . Παρακάτω επεξηγούμε αναλυτικά τον κώδικα για την υλοποίηση του ερωτήματος 1.

Σκοπός του κώδικα:

Σκοπός μας είναι η λειτουργία της διαχείρισης των φαναριών του μεγάλου δρόμου και των πεζών, χρησιμοποιώντας όλες τις διαδικασίες που εξηγήθηκαν. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του παρακάτω κώδικα.

Πιο συγκεκριμένα:

Παράθεση Διαγράμματος Ροής :



Επεξήγηση βασικών σημείων του κώδικα:

Main Function:

A) Διαμόρφωση pins των φαναριών κυκλοφορίας και αρχική κατάσταση φαναριών:

Έχουμε ορίσει:

PIN0-> Οχήματα,

PIN1-> Πεζούς,

PIN2-> Τραμ (αχρησιμοποίητο σ αυτό το ερώτημα).

Αρχικοποιεί τους φωτεινούς σηματοδότες σε πράσινο για τα οχήματα (PIN0 low) και κόκκινο για τους πεζούς (PIN1 high).

```
// Rithmisi tw n pin ton fanarion os eksodous
PORTD.DIR |= PIN0_bm | PIN1_bm | PIN2_bm; // PIN0: Prasino ston aytokinitodromo, PIN1: Kokkino sti diavasi, PIN2: Den xrhsimopoleitai proswna

// Arxikopoiisi katastasis: prasino ston aytokinitodromo, kokkino sti diavasi
PORTD.OUT &= ~PIN0_bm; // Prasino sto aytokinitodromo
PORTD.OUT |= PIN1_bm; // kokkino sti diavasi
```

B) Διαμόρφωση κουμπιών πεζών :

Όπως αναφέρθηκε στο μάθημα,

-Για να ενεργοποιηθεί το interrupt πρέπει να πατηθεί το 5ο bit του register INTFLAGS στο PORTF, εφόσον το πρόγραμμα βρίσκεται σε κάποιο breakpoint.

Ενεργοποιεί την εσωτερική pull-up resistor για το κουμπί πεζών (PIN5 στο PORTF) και το διαμορφώνει ώστε να ενεργοποιεί διακοπή και στις δύο ακμές.

```
//pullup enable and Interrupt enabled with sense on both edges
PORTF.PIN5CTRL |= PORT_PULLUPEN_bm | PORT_ISC_BOTHEDGES_gc;
```

Γ) Διαμόρφωση timer:

Βάση των διαφανειών:

Για να λειτουργήσει ο timer TCA0 σε κανονική λειτουργία και να δημιουργηθεί interrupt όταν φτάσει μία προβλεπόμενη τιμή πρέπει:

- Να δοθεί η τιμή '0' στον CTRLB register (Normal Mode)
- Να δοθεί η τιμή '0' στον CNT register (ο timer μηδενίζεται)
- Να δοθεί η προβλεπόμενη τιμή στον CMP0 register
- Να ενεργοποιήσουμε τα interrupts μέσω του INTCTRL register

-Να τεθεί το clock frequency,

-Να ενεργοποιηθεί μέσω του CTRLA register

```
// configuration του timer για το fos του pezdromou
TCA0.SINGLE.CNT = 0; // Arxikopoiisi tou metriti tou timer
TCA0.SINGLE.CTRLB = 0; // Orismos se Kanoniki Leitourgia
TCA0.SINGLE.CMP0 = PED_LIGHT_DURATION; // Orismos timis sygkriseis gia to diastima diarkias tou prasinou fos tis diavasis
TCA0.SINGLE.CTRLA = TCA_SINGLE_CLKSEL_DIV1024_gc | 1; // Orismos syxnotitas rologiou kai energopoiisi tou timer me prescaler 1024

TCA0.SINGLE.INTCTRL = TCA_SINGLE_CMP0_bm; // Energopoiisi interrupt sygkrisis
```

Δ)Ενεργοποίηση διακοπών:

Ενεργοποιεί παγκοσμίως τις διακοπές με την sei(), επιτρέποντας στο πρόγραμμα να ανταποκρίνεται στις ενεργοποιήσεις διακοπών.

```
sei(); // Energopoiisi diakopwn
```

E) While loop:

Αυτό το loop, ελέγχει συνεχώς αν έχει πατηθεί το κουμπί του πεζού (ελέγχοντας το button_pressed). Εάν ναι, ενεργοποιεί εκ νέου τον χρονοδιακόπτη για να μετρήσει αντίστροφα τη διάρκεια του πράσινου του φωτεινού σηματοδότη πεζών και στη συνέχεια επαναφέρει τη σημαία.

```
while (1) {

if (button_pressed) {

// Ekinisi tou timer gia to prasino fos diavasis
TCA0.SINGLE.CTRLA |= 1; // Ksanaenergopoiisi tou timer se periptwsi pou exei apenergopoithei

button_pressed = 0; // Epanafora tou flag patimatos koumpiou

}

}
```

Στ) Ρουτίνες εξυπηρέτησης διακοπών (ISR):

1) ISR(PORTF_PORT_vect):

-Καθαρίζει τη flag διακοπής για να επιβεβαιώσει το πάτημα του κουμπιού.

-Ορίζει το button_pressed για να υποδείξει ότι το κουμπί πατήθηκε.

-Αλλάζει τους φωτεινούς σηματοδότες σε κόκκινους για τα οχήματα και πράσινους για τους πεζούς.

```
ISR(PORTF_PORT_vect) {  
    // Katharismos tou interrupt flag  
    PORTF.INTFLAGS = PORTF.INTFLAGS;  
  
    // flag gia na dilwthei oti patithike to koumpi tis diavasis  
    button_pressed = 1;  
  
    // Allagi tw'n fanariwn: kokkino ston autokinitodromo, prasino sti diavasi  
    PORTD.OUT |= PIN0_bm; // Kokkino ston aytokinitodromo  
    PORTD.OUT &= ~PIN1_bm; // Prasino sti diavasi  
}
```

2)ISR(TCA0_CMP0_vect):

-Σταματά το χρονόμετρο για να σταματήσει τη διάρκεια του πράσινου φωτός για τους πεζούς.

-Καθαρίζει τη σημαία διακοπής σύγκρισης αγώνα του χρονοδιακόπτη για να προετοιμαστεί για τον επόμενο κύκλο.

-Επαναφέρει τους φωτεινούς σηματοδότες στις αρχικές τους καταστάσεις (πράσινο για οχήματα, κόκκινο για πεζούς).

```
ISR(TCA0_CMP0_vect) {  
    // Apenergopoiisi tou timer gia na svinei to prasino  
    TCA0.SINGLE.CTRLA &= ~1;  
  
    // Katharismos interrupt sygkrisis  
    TCA0.SINGLE.INTFLAGS = TCA_SINGLE_CMP0_bm;  
  
    // Epanafora ton fanarion stin arxiki katastasi: prasino ston aytokinitodromo, kokkino sti diavasi  
    PORTD.OUT &= ~PIN0_bm; // Prasino sto kyriw's dromo  
    PORTD.OUT |= PIN1_bm; // Kokkino sto pezodromo  
}
```

Συμπέρασμα & outputs:

Αυτή η λύση προσομοιώνει αποτελεσματικά τη λειτουργία ενός κόμβου αυτοκινητοδρόμου με διάβαση πεζών, ικανοποιώντας τις απαιτήσεις που περιγράφονται στην περιγραφή της άσκησης. Η χρήση διακοπών (interrupts) για το πάτημα των κουμπιών και του timer για τη διάρκεια του φωτός καθιστά το σύστημα ευέλικτο και αποδοτικό ως προς το χρόνο.

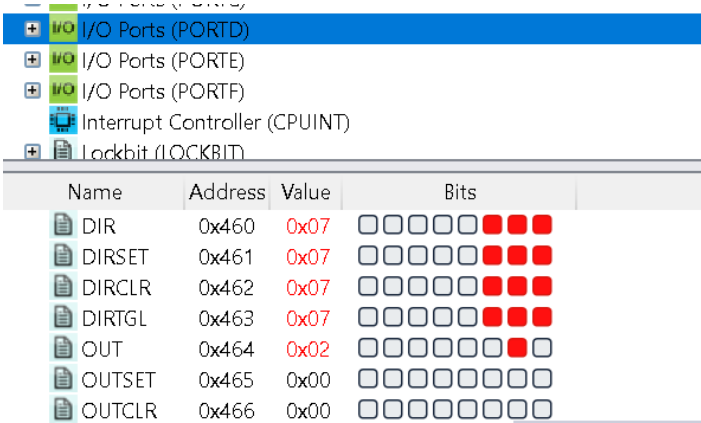
Με αυτή η υλοποίηση διαχειριζόμαστε αποτελεσματικά ένα σύστημα φαναριών το οποίο :

-ανταποκρίνεται στην είσοδο των πεζών,

-διασφαλίζονται παράλληλα ότι τα φώτα οχημάτων και πεζών δεν είναι ταυτόχρονα πράσινα.

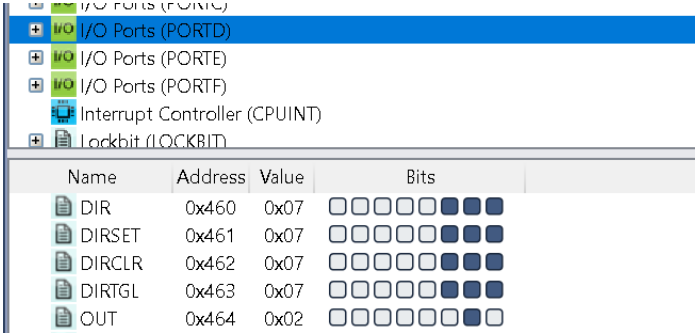
-εξασφαλίζουμε ότι όταν πατηθεί το κουμπί που ενεργοποιεί το 'πράσινο' για τους πεζούς, ύστερα από ένα χρονικό διάστημα ,επανερχόμαστε στην κατάσταση σε πράσινο για τα οχήματα και κόκκινο για τους πεζούς.

OUTPUT 1(επιλογή των pins):



Name	Address	Value	Bits
DIR	0x460	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRSET	0x461	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRCLR	0x462	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRTGL	0x463	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUT	0x464	0x02	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
OUTSET	0x465	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
OUTCLR	0x466	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

OUTPUT 2 (αρχικοποίηση φαναριών,(pressed)):



Name	Address	Value	Bits
DIR	0x460	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRSET	0x461	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRCLR	0x462	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRTGL	0x463	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUT	0x464	0x02	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

OUTPUT 3 (ISR(PORTE_PORT_vect) interrupt: portf intflag button για πεζούς):

(transition):

The screenshot shows the 'I/O Ports (PORTD)' configuration window. The tree view on the left shows the following structure:

- I/O Ports (PORTD)
 - I/O Ports (PORTE)
 - I/O Ports (PORTF)
 - Input/Sense Configur...
 - Input/Sense Configur...

The main table displays the following data:

Name	Address	Value	Bits
DIR	0x460	0x07	00000000
DIRSET	0x461	0x07	00000000
DIRCLR	0x462	0x07	00000000
DIRTGL	0x463	0x07	00000000
OUT	0x464	0x01	00000001
OUTSET	0x465	0x03	00000011
OUTCLR	0x466	0x03	00000011
OUTTGL	0x467	0x03	00000011
IN	0x468	0x03	00000011




(pressed-> red for cars):









Name	Address	Value	Bits
DIR	0x460	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRSET	0x461	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRCLR	0x462	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRTGL	0x463	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUT	0x464	0x01	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUTSET	0x465	0x01	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUTCLR	0x466	0x01	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUTTGL	0x467	0x01	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
IN	0x468	0x01	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>

OUTPUT4 (ISR(TCA0_CMP0_vect) : stop πράσινο πεζών & επαναφορά σηματοδοτών pins):





Tca cmp pressed: transition:






Stop red for cars & start red πεζών

	I/O Ports (PORTD)
	I/O Ports (PORTE)
	I/O Ports (PORTE)

Name	Address	Value	Bits
 DIR	0x460	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 DIRSET	0x461	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 DIRCLR	0x462	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 DIRTGL	0x463	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 OUT	0x464	0x02	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
 OUTSET	0x465	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 OUTCLR	0x466	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 OUTTGL	0x467	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>

pressed , restored red for πεζούς:

	I/O Ports (PORTC)
	I/O Ports (PORTD)
	I/O Ports (PORTE)
	I/O Ports (PORTE)

Name	Address	Value	Bits
 DIR	0x460	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 DIRSET	0x461	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 DIRCLR	0x462	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 DIRTGL	0x463	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 OUT	0x464	0x02	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Ερώτημα 2:

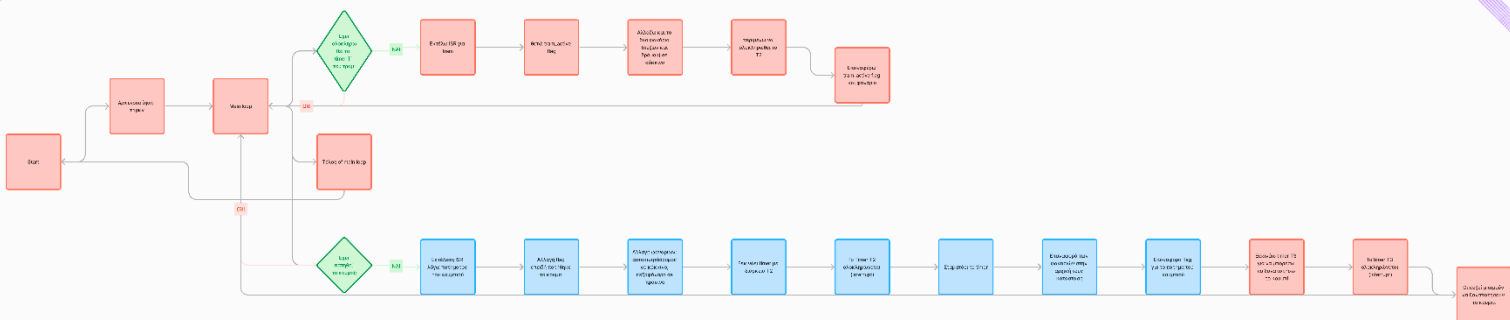
Αντίστοιχα ,επεξηγούμε τον κώδικα για την υλοποίηση του ερωτήματος 2.

Σκοπός του κώδικα:

Σκοπός μας είναι να προσθέσουμε την λειτουργία διαχείρισης του τραμ και του χρονικού διαστήματος ανά το οποίο περνάει από το συγκεκριμένο σημείο του σιδηρόδρομου.

Πιο συγκεκριμένα:

Παράθεση Διαγράμματος Ροής :



Επεξήγηση βασικών αλλαγών του κώδικα:

1)Ορισμοί για τα χρονικά διαστήματα

#define T1 2000: Ορίζει το χρονικό διάστημα για τη διέλευση του τραμ(T1). Αυτή η σταθερά αντιπροσωπεύει το χρόνο μεταξύ διαδοχικών διελύσεων του τραμ.

#define T2 600: Όπως και προηγουμένως, ορίζει τη διάρκεια για το πράσινο φως των πεζών(T2).

#define T3 1000: Εισάγει μια νέα σταθερά, T3, που αντιπροσωπεύει την περίοδο ηρεμίας μετά την οποία το κουμπί πεζών μπορεί να πατηθεί ξανά, εξασφαλίζοντας ένα ορισμένο ελάχιστο διάστημα μεταξύ των ενεργοποιήσεων.

```
// orizoume tous xronous
#define T1 2000 // Diastima perasmatos tram
#define T2 600 // Diarkeia tou prasinou fanariou tis diabasis
#define T3 1000 // Periodos anamoniis gia to koumpi tis diabasis
```

Διαμόρφωση διαχωρισμού του tca :

Το χαμηλό byte(LCMP0) διαμορφώνεται για τη διάρκεια των φώτων πεζών(T2).

Το υψηλό byte(HCMP0) ρυθμίζεται για το διάστημα διέλευσης του τραμ(T1).

Αυτή η ρύθμιση επιτρέπει στο πρόγραμμα να ελέγχει ξεχωριστά το χρονοδιάγραμμα για τις αλλαγές του φαναριού πεζών και τις διελύσεις του τραμ.

```
// Rithmisi tou low byte (LCMP0) gia tin diarkeia tou fanariou tis diavasis (T2)
TCA0.SPLIT.LCMP0 = T2;

// Rithmisi tou high byte (HCMPO) gia to diastima perasmatos tou tram (T1)
TCA0.SPLIT.HCMP0 = T1;
```

3)Πρόσθετες ρουτίνες εξυπηρέτησης διακοπών ISR για το πάτημα του κουμπιού πεζών (ISR(PORTF_PORT_vect)):

ISR για το χρονοδιακόπτη πράσινου φωτός πεζών (ISR(TCA0_LUNF_vect)):

Παρόμοια με τον πρώτο κώδικα, αλλά :

-τώρα ελέγχει και αν το τραμ είναι ενεργό. Εάν το τραμ δεν είναι ενεργό και το κουμπί δεν έχει πατηθεί πρόσφατα(button_pressed είναι 0), προχωρά με τη λογική του φωτεινού σηματοδότη πεζών.

Με αυτόν τον τρόπο αποτρέπεται η ενεργοποίηση του φωτεινού σηματοδότη πεζών κατά τη διάρκεια της διέλευσης του τραμ.

Μετονομάστηκε από ISR(TCA0_CMP0_vect)για να αντικατοπτρίζει τη χρήση του συμβάντος υποροής χαμηλού byte σε Split Mode. Αυτό το ISR ενεργοποιείται όταν λήξει ο χρονοδιακόπτης για το πράσινο φως των πεζών (T2), επαναφέροντας τα φώτα στην προεπιλεγμένη τους κατάσταση και επιτρέποντας το πάτημα του κουμπιού ξανά.

ISR για τον χρονοδιακόπτη του τραμ (ISR(TCA0_HUNF_vect)):

Ένα νέο ISR που χειρίζεται το συμβάν υπολειπόμενης ροής υψηλού byte, το οποίο συμβαίνει όταν παρέλθει το χρονικό διάστημα του τραμ(T1). Θέτει προσωρινά και τα δύο φώτα σε κόκκινο χρώμα για να προσομοιώσει τη διέλευση του τραμ, διασφαλίζοντας ότι όλη η κυκλοφορία έχει διακοπεί. Στη συνέχεια, επαναφέρει τη σημαία tram_active, σηματοδοτώντας ότι το τραμ έχει περάσει και η κανονική λειτουργία μπορεί να συνεχιστεί.

```
// ISR gia ton timer tou prasinou fanariou tis diavasis (T2) xrisimopointas to low byte tou TCA0
ISR(TCA0_LUNF_vect) {
    PORTD.OUT &= ~PIN0_bm; // Prasino sto aytokinitodromo
    PORTD.OUT |= PIN1_bm; // Kokkino sti diavasi

    button_pressed = 0; // Epanafora tis simaias tou koumpiou

    TCA0.SPLIT.INTFLAGS = TCA_SPLIT_LUNF_bm; // Katharismos tis simaias diakopis
}

// ISR gia ton timer tou tram (T1) xrisimopointas to high byte tou TCA0
ISR(TCA0_HUNF_vect) {
    tram_active = 1; // To tram einai energo

    PORTD.OUT |= PIN0_bm | PIN1_bm; // Kokkino se ola kata to perasma tou tram

    tram_active = 0; // Epanafora tis simaias tou tram afou perasei

    TCA0.SPLIT.INTFLAGS = TCA_SPLIT_HUNF_bm; // Katharismos tis simaias
}
```

Outputs:

Output 1 Επιλογή Pins:

+ I/O	I/O Ports (PORTD)
+ I/O	I/O Ports (PORTE)
+ I/O	I/O Ports (PORTF)
	Interrupt Controller (CPUINT)
+	Lockbit (LOCKBIT)
+	Non-volatile Memory Cont...
+ I/O	Port Multiplexer (PORTMUX)
+	Real-Time Counter (RTC)
	Reset controller (RSTCTRL)
	Serial Peripheral Interface (SPI)

Name	Address	Value	Bits
DIR	0x460	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRSET	0x461	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRCLR	0x462	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRTGL	0x463	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUT	0x464	0x02	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Output 2 Αρχικοποίηση:

+ I/O	I/O Ports (PORTD)
+ I/O	I/O Ports (PORTE)
+ I/O	I/O Ports (PORTF)
	Interrupt Controller (CPUINT)
+	Lockbit (LOCKBIT)
+	Non-volatile Memory Cont...
+ I/O	Port Multiplexer (PORTMUX)
+	Real-Time Counter (RTC)
	Reset controller (RSTCTRL)
	Serial Peripheral Interface (SPI)

Name	Address	Value	Bits
DIR	0x460	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRSET	0x461	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRCLR	0x462	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRTGL	0x463	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUT	0x464	0x02	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Output 3: Tram output(μέσω ISR(TCA0_HUNF_vect), TCA SPLIT BUTTON):

Both Pin0 οχημάτων (pressed now & closed) και Pin1 πεζών (already pressed) -> διέλευση Tram.

Name	Address	Value	Bits
DIR	0x460	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRSET	0x461	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRCLR	0x462	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRTGL	0x463	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUT	0x464	0x03	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUTSET	0x465	0x03	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUTCLR	0x466	0x03	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUTTGL	0x467	0x03	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
IN	0x468	0x03	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>

Output 4: Πεζοί πράσινο & επαναφορά αρχικοποιήσεων:

(μέσω των ISR(PORTF_PORT_vect) & ISR(TCA0_LUNF_vect))

Κόκκινο για τα αμάξια:

Name	Address	Value	Bits
DIR	0x460	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRSET	0x461	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRCLR	0x462	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRTGL	0x463	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUT	0x464	0x01	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUTSET	0x465	0x01	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUTCLR	0x466	0x01	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUTTGL	0x467	0x01	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
IN	0x468	0x01	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>

Αλλαγή από κόκκινο αυτοκινητόδρομου σε κόκκινο για πεζούς.

	I/O	I/O Ports (PORTD)
	I/O	I/O Ports (PORTE)
	I/O	I/O Ports (PORTE)

Name	Address	Value	Bits
DIR	0x460	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRSET	0x461	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRCLR	0x462	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
DIRTGL	0x463	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
OUT	0x464	0x02	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
OUTSET	0x465	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
OUTCLR	0x466	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
OUTTGL	0x467	0x00	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Επαναφορά κόκκινου φαναριού μετά τον πάτημα του πεζοφάναρου:

+

I/O

I/O Ports (PORTC)

+

I/O

I/O Ports (PORTD)

+






I/O

I/O Ports (PORTE)

-

I/O

I/O Ports (PORTE)

Name	Address	Value	Bits
 DIR	0x460	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 DIRSET	0x461	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 DIRCLR	0x462	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 DIRTGL	0x463	0x07	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
 OUT	0x464	0x02	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

ΤΕΛΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣΣ