



Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής
Computer Engineering and Informatics Department (CEID)
www.ceid.upatras.gr

Εργαστήριο Προηγμένοι Μικροεπεξεργαστές

Εργαστηριακές Ασκήσεις

Πάτρα, 2024-25

1 Εισαγωγικά

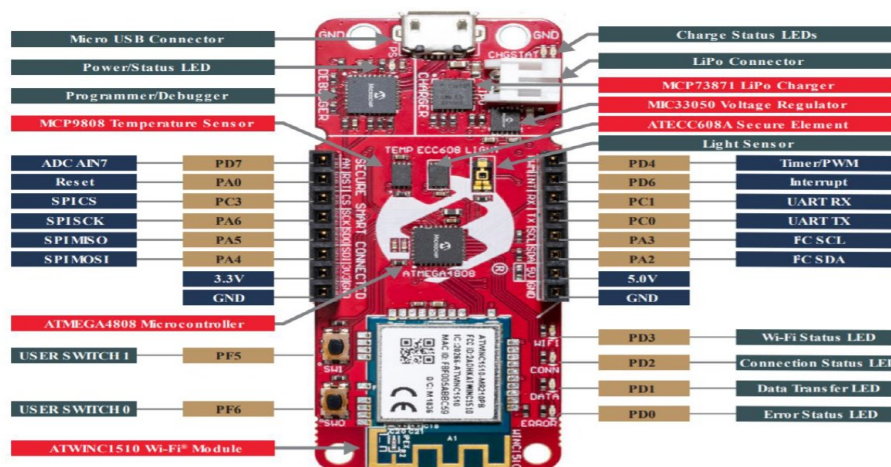
Η AVR είναι μια οικογένεια μικροεπεξεργαστών που αναπτύχθηκε αρχικά από την Atmel και μετέπειτα αγοράστηκε από την Microchip Technology. Βασίζεται σε μια τροποποιημένη Harvard αρχιτεκτονική, 8-bit RISC single-chip μικροεπεξεργαστή. Η AVR είναι μια από τις πρώτες οικογένειες μικροεπεξεργαστών που χρησιμοποίησαν on-chip flash memory, για αποθήκευση προγραμμάτων, σε αντίθεση με μια προγραμματιζόμενη ROM, EPROM ή EEPROM που χρησιμοποιούνταν από άλλους μικροελεγκτές. Οι μικροεπεξεργαστές της οικογένειας αυτής χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, ως πλήρη ενσωματωμένα συστήματα. Αξιοποιούνται ως εκπαιδευτικές ενσωματωμένες διατάξεις και έγιναν διάσημοι λόγω της ευρείας χρήσης τους σε πολλά open hardware development boards, της σειράς Arduino.

Το Microchip Studio (ή Atmel® Studio 7) είναι μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα ανάπτυξης (Integrated Development Platform - IDP), για την δημιουργία εφαρμογών με AVR και SAM microcontrollers (MCU). Η πλατφόρμα προσφέρει εύχρηστο περιβάλλον για τη σύνταξη, την κατασκευή και τον εντοπισμό σφαλμάτων εφαρμογών που είναι γραμμένα σε C/C++ ή/και σε Assembly. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα εισαγωγής σχεδίων σε Arduino ως C/C++ projects και υποστηρίζονται 500+ AVR και SAM διατάξεις. Τέλος, το Microchip Studio περιλαμβάνει μια τεράστια βιβλιοθήκη πηγαίου κώδικα με 1600+ παραδείγματα εφαρμογών. Για περισσότερες πληροφορίες επισκεφτείτε την σελίδα της Microchip, στην οποία καταγράφονται αναλυτικά όλες οι δυνατότητες του Studio.

2 Το AVR-IoT Wx Development Board

Το AVR-IoT Wx Development Board είναι μια ευέλικτη και εύκολα επεκτάσιμη πλατφόρμα δημιουργίας και ανάπτυξης εφαρμογών. Βασίζεται στην αρχιτεκτονική μικροελεκτή AVR που χρησιμοποιεί τεχνολογία Wi-Fi. Συνοπτικά, μια αντίστοιχη εφαρμογή που αναπτύσσεται στο συγκεκριμένο σύστημα αποτελείται από τρία βασικά blocks:

- 1 ATmega4808 Microcontroller.
- 2 ATECC608A Secure Element.
- 3 ATWINC1510 Wi-Fi Controller Module.



Σχήμα 0.1 : AVR Development Board Overview

3 Εγκατάσταση Microchip Studio

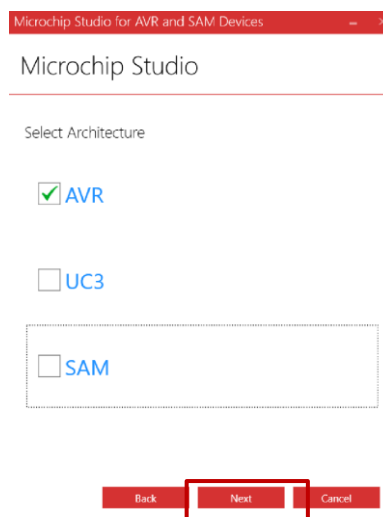
Το Microchip Studio μπορείτε να το βρείτε διαθέσιμο στον παρακάτω σύνδεσμο:

<https://www.microchip.com/mplab/microchip-studio>

Η εγκατάσταση του γίνεται εύκολα, ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

- 1 Πατήστε Download στην επιλογή Microchip Studio for AVR and SAM Devices 7.0.2594 Web Installer.
- 2 Αφού ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία, ανοίξετε το αρχείο και περιμένετε.
 - Στο παράθυρο που θα εμφανιστεί επιλέξτε το path στο οποίο θα αποθηκευτεί το Studio και επιλέξτε το κουτί "I agree to the Terms and Conditions".
 - Στη συνέχεια επιλέξτε την επιλογή "Next".
- 3 Στο επόμενο παράθυρο, έχετε την επιλογή να εγκαταστήσετε τρεις διαφορετικές οικογένειες που υποστηρίζονται από το Studio:
 - Το πρώτο είναι το AVR, το οποίο θα πρέπει να παραμείνει επιλεγμένο καθώς με αυτό θα ασχοληθούμε.
 - Το UC3 και το SAM αποτελούν άλλα είδη αρχιτεκτονικών και δεν είναι απαραίτητο να τα επιλέξετε για εγκατάσταση.

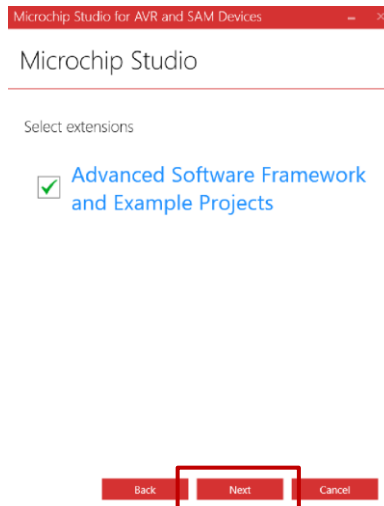
Αφού σιγουρευτείτε ότι επιλέξατε το AVR επιλέξτε "Next".



Σχήμα 0.2 : Παράθυρο Επιλογών AVR και SAM Devices

- 4 Advanced Software Framework (ASF):

Το ASF παρέχει ένα πλούσιο σύνολο λειτουργικών drivers και code modules που αναπτύχθηκαν από ειδικούς για τη μείωση του χρόνου σχεδιασμού. Το ASF είναι μια δωρεάν βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα, που έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιείται στις φάσεις αξιολόγησης, πρωτοτυπίας, σχεδιασμού και παραγωγής. Μπορείτε να το κρατήσετε επιλεγμένο και στον ελεύθερο χρόνο σας να δείτε τα παραδείγματα. Στη συνέχεια, μπορείτε να επιλέξετε "Next".



Σχήμα 0.3 : Παράθυρο Επιλογής ASF

- 5 Εφόσον όλες οι επιλογές του Validation είναι επιλεγμένες, είστε έτοιμοι στη συνέχεια να επιλέξετε “Next”. Στο επόμενο παράθυρο μπορείτε να επιλέξετε το “Install” και να περιμένετε να εγκατασταθεί το Microchip Studio και τα υπόλοιπα εργαλεία που χρειάζονται.



Σχήμα 0.4 : Παράθυρο Επιλογής System Validation

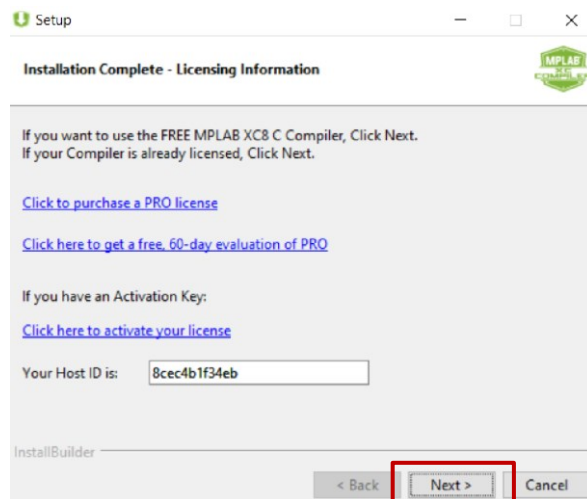
- 6 Κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης, θα εμφανιστεί ένα επιπλέον παράθυρο επιλογών, για την εγκατάσταση του MPLAB XC8 C Compiler, με τον οποίο προσφέρεται η δυνατότητα βελτιστοποίησης του κώδικα.
- Επιλέξτε το “Next”, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.
 - Έπειτα, επιλέξτε το «I accept the agreement» και στη συνέχεια επιλέξτε το “Next”.
 - Στα επόμενα παράθυρα επιλέξτε με τη σειρά το “Free” και μετά επιλέξτε το “Next”.
 - Μόλις τελειώσει η εγκατάσταση του, θα εμφανιστεί το αντίστοιχο παράθυρο στο οποίο μπορείτε να επιλέξετε το “Next”.
 - Στο επόμενο και τελευταίο για τον compiler παράθυρο μπορείτε να επιλέξετε το “Finish”, με το οποίο ολοκληρώνεται η εγκατάστασή του.

Εργαστήριο:

Προηγμένοι Μικροεπεξεργαστές



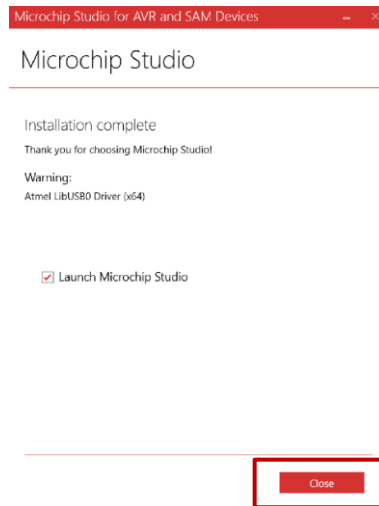
Σχήμα 0.5 : Παράθυρο Compiler Setup Wizard



Σχήμα 0.6 : Παράθυρο Licensing Information

- 7 Ένα άλλο εργαλείο που θα εγκατασταθεί είναι και το Microsoft Visual, το οποίο γίνεται αυτόματα, χωρίς να απαιτείται κάποια περαιτέρω ενέργεια.
- 8 Όταν ολοκληρωθεί η εγκατάσταση, θα εμφανιστεί το παρακάτω παράθυρο, στο οποίο μπορείτε να επιλέξετε "Close" και να ανοίξει αυτόματα το Microchip Studio.

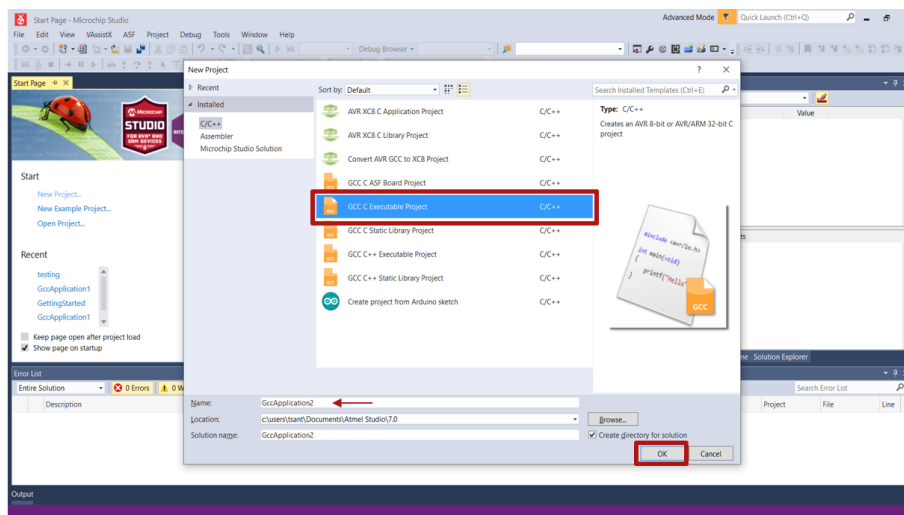
Εργαστήριο:
Προηγμένοι Μικροεπεξεργαστές



Σχήμα 0.7 : Παράθυρο Installation Complete

4 Δημιουργία Νέου Project

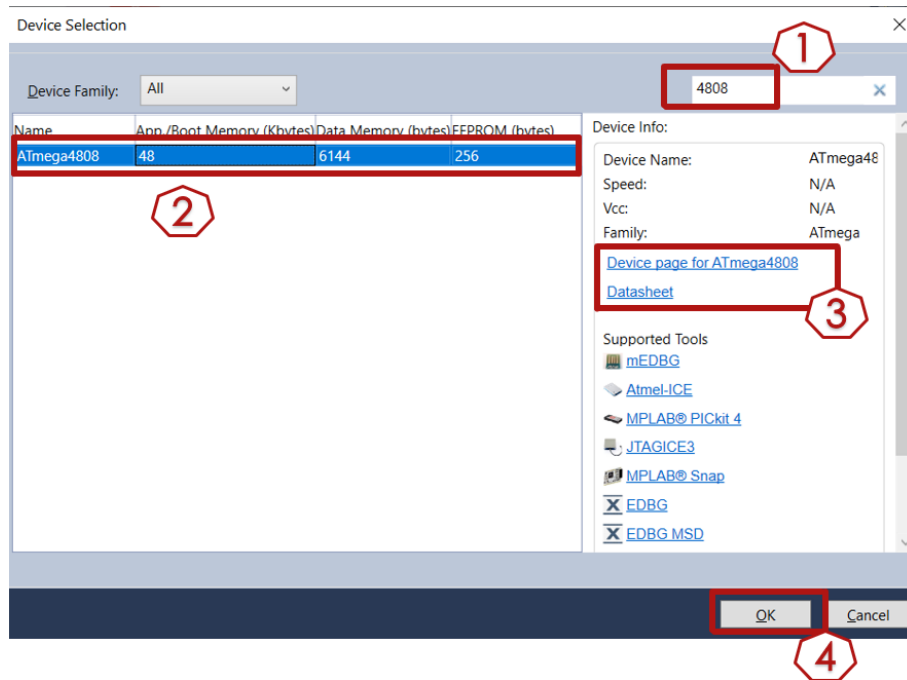
Στο εγκαταστημένο πλέον Microchip Studio, κατευθυνθείτε στην επιλογή “File → New → Project”. Τα παραδείγματα που θα υλοποιηθούν, θα είναι στη γλώσσα C και επομένως θα επιλέξουμε το “GCC C Executable Project”. Επιλέγουμε το όνομα της εφαρμογής μας και στη συνέχεια επιλέγουμε “OK”.



Σχήμα 0.8 : Παράθυρο Δημιουργίας “New Project”

Επιλέγουμε τον μικροελεγκτή “ATmega4808”, ακολουθώντας τα βήματα, που φαίνονται στην εικόνα του παρακάτω σχήματος. Μπορούμε να δούμε κατευθείαν το Datasheet και το Device Page του συγκεκριμένου μικροελεγκτή, για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις δυνατότητές του (Βήμα 3). Αφού επιλέξουμε την συσκευή μας, στη συνέχεια επιλέγουμε το “OK” (Βήμα 4) και στη συνέχεια μπορούμε να αρχίσουμε να προγραμματίζουμε.

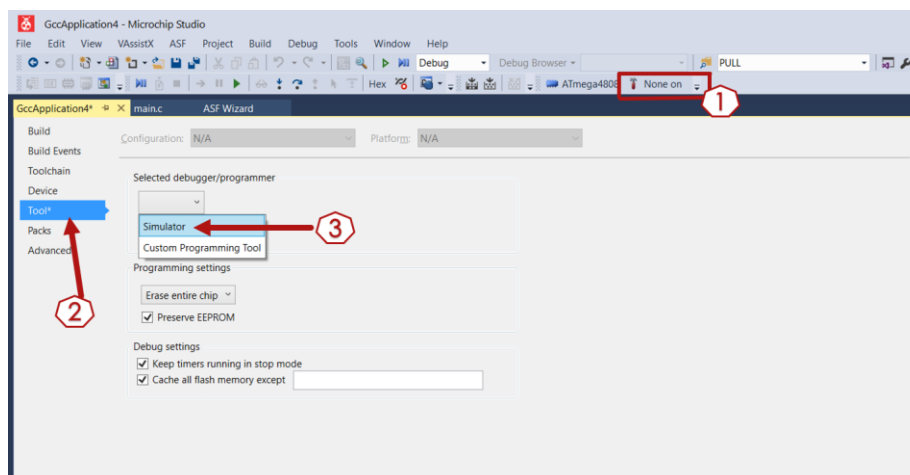
Εργαστήριο:
Προηγμένοι Μικροεπεξεργαστές



Σχήμα 0.9 : Παράθυρο Επιλογής “Device”

5 Simulation και Debugging

Είναι σημαντικό όταν κάνουμε πρώτη φορά Debug να έχουμε επιλέξει το “Simulator” ως “Debugger”, ακολουθώντας τα βήματα που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 0.10 : Παράθυρο Simulator – Debugger

6 Παράδειγμα 1: Λειτουργία ενός LED

Για να ενεργοποιηθεί/απενεργοποιηθεί ένα LED με κάποια συγκεκριμένη τιμή στην περίοδο, π.χ. $T=10\text{ms}$, θα πρέπει πρώτα να οριστεί το “Direction” του συγκεκριμένου Pin ως “Output”. Αρχικά, το PORT που θα χρησιμοποιηθεί είναι το PORTD καθώς οι τέσσερες πρώτοι ακροδέκτες (PINs) του συνδέονται με LEDs, πάνω στην πλακέτα (όπως φαίνεται και στο Board Overview). Για να οριστεί ένα PIN ως “Output” πρέπει να τεθεί το αντίστοιχο ψηφίο (bit) του Register DIR (Data Direction) με ‘1’. Τώρα μπορεί να δοθεί η τιμή ‘0’ ή ‘1’ στον Register Out (Output Value) και να “ενεργοποιείται” ή να “απενεργοποιείται”, το LED αντίστοιχα.

Σημείωση: Στη φάση του *Simulation* οι χρόνοι του “delay” όπως και των “timers”, (που θα δούμε σε επόμενη άσκηση) δεν είναι αντιπροσωπευτικοί του χρόνου που αναμένουμε. Μόνο με την εκτέλεση του κώδικα πάνω στην πλακέτα μπορούμε να αντιληφθούμε τους πραγματικούς χρόνους. Για το λόγο αυτό, μπορούμε να επιλέγουμε σχετικά μικρούς χρόνους, για να αποφύγουμε μεγάλες καθυστερήσεις αναμονής κατά την προσομοίωση.

Ο κώδικας της υλοποίησης του παραδείγματος παρουσιάζεται παρακάτω:

```
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
#define del 10
int main(void){

    PORTD.DIR |= 0b00000010; //PIN1_bm //PIN is output
    PORTD.OUT |= 0b00000010; //PIN1_bm //LED is off

    while (1) {

        PORTD.OUTCLR= 0b00000010; //PIN1_bm //LED is on
        _delay_ms(del);           //wait for 10ms

        PORTD.OUT |= 0b00000010; //PIN1_bm //LED is off
        _delay_ms(del);           //wait for 10ms

    }
}
```

Σχήμα 0.11 : Κώδικας Παραδείγματος 1

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον κώδικα του παραδείγματος, για να εκτελέσετε τη διαδικασία του “Simulation” στο “Microchip Studio”. Ανοίξτε το I/O παράθυρο (Debug ⇒ Windows ⇒ I/O) και ξεκινήστε το Debugging. Εκτελέστε βήμα-βήμα τις εντολές (η συνάρτηση delay δεν εκτελείται βηματικά) και παρατηρήστε τις τιμές που παίρνουν οι καταχωρητές (Registers) του PORTD.

Σημείωση: Για να δείτε τις τιμές των δηλωμένων σταθερών *PIN1_bm* και άλλων που θα δούμε στη συνέχεια, μπορείτε να ανατρέξετε στο header file *iom4808.h*, το οποίο βρίσκεται στον φάκελο που έχετε εγκαταστήσει το *Microchip Studio* :

π.χ. Path: “~\Atmel\Studio\7.0\packs\atmel\ATmega_DFP\1.7.374\include\avr\iom4808.h”

7 Παράδειγμα 2: Διακοπή (Interrupt)

Οι διακόπτες (switches) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν βρίσκονται στο PORTF και είναι οι PIN5 και PIN6 (ανατρέξτε στο Board Overview). Για τη χρήση ενός διακόπτη (switch), το pullup enable bit που του αντιστοιχεί πρέπει να είναι ενεργοποιημένο (ανατρέξτε σελ. 158 στο ATmega4808 DataSheet). Επίσης, το σημείο του παλμού στο οποίο θα ενεργοποιηθεί η μονάδα διαχείρισης της διακοπής (interrupt) πρέπει να οριστεί. Εδώ η ενεργοποίησή της και στις δύο άκρες του παλμού επιλέγεται (ανατρέξτε σελ. 158 στο ATmega4808 DataSheet). Με την ενεργοποίηση των συγκεκριμένων ψηφίων (bits) του PIN5, το σύστημα μπορεί να δεχτεί διακοπές (interrupts) όταν πατηθεί ο διακόπτης (switch).

Όταν γίνει η διακοπή (interrupt), συγκεκριμένη συνάρτηση η οποία θα την διαχειριστεί, ενεργοποιείται. Αυτή η συνάρτηση είναι μια ρουτίνα διαχείρισης διακοπών (ISR routine) η οποία παίρνει ως όρισμα μια διεύθυνση (interrupt vector) η οποία αντιστοιχεί σε μία διακοπή. Για παράδειγμα, το interrupt vector για τη διακοπή του PORTF είναι το `PORTF_PORT_vect`. Στο αρχείο `iom4808.h` υπάρχουν όλα τα interrupt vectors που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το συγκεκριμένο board.

Ο κώδικας της υλοποίησης ενός παραδείγματος με διακοπή, παρουσιάζεται παρακάτω:

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>

int x=0; //logic flag

int main() {
    PORTD.DIR |= 0b00000010; //PIN is output
    PORTD.OUT |= 0b00000010; //LED is off
    //pullup enable and Interrupt enabled with sense on both edges
    PORTF.PIN5CTRL |= PORT_PULLUPEN_bm | PORT_ISC_BOTHEDGES_gc;
    sei(); //enable interrupts
    while (x==0){
        PORTD.OUTCLR= 0b00000010; // LED is on
    }

    PORTD.OUT |= 0b00000010; //LED is off
    cli(); //disable interrupts
}

ISR(PORTF_PORT_vect){
    int y = PORTF.INTFLAGS; //Procedure to
    PORTF.INTFLAGS=y; //clear the interrupt flag
    x=1; //change logic flag to get out of loop
}
```

Σχήμα 0.12 : Κώδικας Παραδείγματος 2

Η λειτουργία του κώδικα του παραδείγματος 2, είναι η εξής:

Στο σύστημα υπάρχει ένα LED και ένας διακόπτης (switch). Σύμφωνα με την κανονική λειτουργία του προγράμματος, το LED ενεργοποιείται μέσα σε ένα βρόχο (while loop). Όταν πατηθεί ο διακόπτης ενεργοποιείται η διακοπή (interrupt) και αλλάζει η τιμή μιας τυχαίας μεταβλητής (int x) ώστε να σταματήσει η λειτουργία του LED και του προγράμματος.

Για να ενεργοποιηθεί η διακοπή (interrupt) το ψηφίο (bit) 5 του register INTFLAGS στο PORTF πρέπει να πατηθεί, εφόσον το πρόγραμμα είναι σε κάποιο breakpoint. Μόλις το ψηφίο (bit) αλλάξει από '0' σε '1' και το πρόγραμμα συνεχίσει με την επόμενη εντολή (STEP OVER), θα ενεργοποιηθεί η ρουτίνα διαχείρισης διακοπών (interrupt routine).

8 Παράδειγμα 3: Χρονιστής (Timer)

Για να λειτουργήσει ο χρονιστής TCA0 timer σε κανονική λειτουργία (normal mode) και να ενεργοποιηθεί διακοπή (interrupt), όταν φτάσει σε μία προβλεπόμενη τιμή θα πρέπει:

- Να δοθεί η τιμή '0' στον CTRLB register (Normal Mode).
- Να δοθεί η τιμή '0' στον CNT register (θέτουμε τον χρονιστή – timer στο μηδέν).
- Να δοθεί η προβλεπόμενη τιμή στον CMP0 register.
- Να ενεργοποιηθούν οι διακοπές (interrupts) μέσω του INTCTRL register.
- Να τεθεί η συχνότητα ρολογιού (clock frequency).
- Τέλος, να ενεργοποιηθεί ο timer μέσω του CTRLA register.

Σημείωση: Για περισσότερες λεπτομέρειες μπορείτε να ανατρέξετε στη σελ. 243, στο ATmega4808 DataSheet.

Ο TCA0 θα αρχίσει να μετράει και όταν θα φτάσει την τιμή που τέθηκε στον CMP0 θα ενεργοποιηθεί η ISR routine με όρισμα το vector TCA0_CMP0_vect. Αυτό είναι το interrupt vector που έχει οριστεί για τον συγκεκριμένο χρονιστή/μετρητή (timer/counter).

Ο TCA0 καταχωρητής μπορεί να λειτουργήσει ως χρονιστής/μετρητής είτε των 16-bit, επιλέγοντας την υποκατηγορία SINGLE, είτε των 8-bit, επιλέγοντας την υποκατηγορία SPLIT. Ο TCA0.SINGLE καταχωρητής αξιοποιεί ομάδες των δύο 8-bit καταχωρητών ως έναν ενιαίο καταχωρητή των 16-bit για να μετρήσει χρόνο. Σε αντίθεση, ο TCA0.SPLIT χωρίζεται σε δύο διαφορετικούς 8-bit χρονιστές/μετρητές, ο καθένας από τους οποίους αξιοποιεί ομάδες των 8-bit καταχωρητών, είτε τα High Bits είτε τα Low Bits. Επομένως, κάποιοι καταχωρητές του TCA0.SINGLE, όπως ο CMP0, χωρίζεται σε High και Low για τον TCA0.SPLIT, δηλαδή σε HCMP0 και LCMP0 (βλ. ATmega4808 DataSheet σελ 217-232).

Ο κώδικας της υλοποίησης του παραδείγματος, παρουσιάζεται παρακάτω:

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>

#define value 20

int x=0; //logic flag

int main() {

    PORTD.DIR |= 0b00000010; //PIN is output
    PORTD.OUTCLR= 0b00000010; //LED is on

    //(σελ 219, 224, 205) 16-bit counter high and low
    TCA0.SINGLE.CNT = 0; //clear counter
    TCA0.SINGLE.CTRLB = 0; //Normal Mode (TCA_SINGLE_WGMODE_NORMAL_gc σελ 207)
    TCA0.SINGLE.CMP0 = value; //When CMP0 reaches this value -> interrupt
    //CLOCK_FREQUENCY/1024
    TCA0.SINGLE.CTRLA = 0x7<<1; //TCA_SINGLE_CLKSEL_DIV1024_gc σελ 224
    TCA0.SINGLE.CTRLA |= 1; //Enable
    TCA0.SINGLE.INTCTRL = TCA_SINGLE_CMP0_bm; //Interrupt Enable (=0x10)
    sei(); //begin accepting interrupt signals
    while (x==0) {
        ; //similar to a nop function
    }

    PORTD.OUT |= PIN1_bm; //LED is off
    cli();

}

ISR(TCA0_CMP0_vect){

    TCA0.SINGLE.CTRLA = 0; //Disable
    int intflags = TCA0.SINGLE.INTFLAGS; //Procedure to
    TCA0.SINGLE.INTFLAGS=intflags; //clear interrupt flag
    x=1; //change flag to get out of the loop

}
```

Σχήμα 0.13 : Κώδικας Παραδείγματος 3

Η λειτουργία του κώδικα του παραδείγματος 3, είναι η εξής:

Ενεργοποιείται το LED και ο χρονιστής (timer). Όταν ο χρονιστής φτάσει την τιμή που έχει τεθεί αρχικά, τότε:

- Ενεργοποιείται η ρουτίνα διαχείρισης της διακοπής.
- Αλλάζει μια τυχαία μεταβλητή (x), για να μπορεί να ελεγχθεί μέσα στην συνάρτηση main αν εκτελέστηκε η ρουτίνα διαχείρισης της διακοπής, ώστε το πρόγραμμα να συνεχίσει με την επόμενη λειτουργία.
- Το πρόγραμμα ολοκληρώνεται απενεργοποιώντας το LED.

Σημείωση: Μπορείτε να χρησιμοποιείτε breakpoints για να δείτε εάν ένα interrupt ενεργοποιείται.

Η τιμή του καταχωρητή CMP0 (value) ορίζει το χρονικό διάστημα μέχρι να κάνει διακοπή (interrupt) ο χρονιστής (timer), (γενικά να τελειώσει και να αρχίσει από την αρχή). Ο τύπος για τον υπολογισμό είναι ο παρακάτω:

$$f_{timer} = \frac{f_{system}}{N_{prescaler}}$$

$$value = T * f_{timer}$$

Ο ATmega4808 λειτουργεί σε μέγιστο F=20 MHz και το $N_{prescaler}$ παίρνει την τιμή που έχουμε ορίσει εμείς για συχνότητα ρολογιού (clock frequency). Για παράδειγμα στον κώδικά μας δώσαμε τιμή value=20 άρα ο χρόνος του χρονιστή (timer) είναι:

$$f_{timer} = \frac{20MHz}{1024} = 19,531KHz$$

$$T = \frac{value}{f_{timer}} = 1,024ms$$

Εργαστηριακή Άσκηση 02:

Φανάρια Κυκλοφορίας (Traffic Lights)

1 Περιγραφή

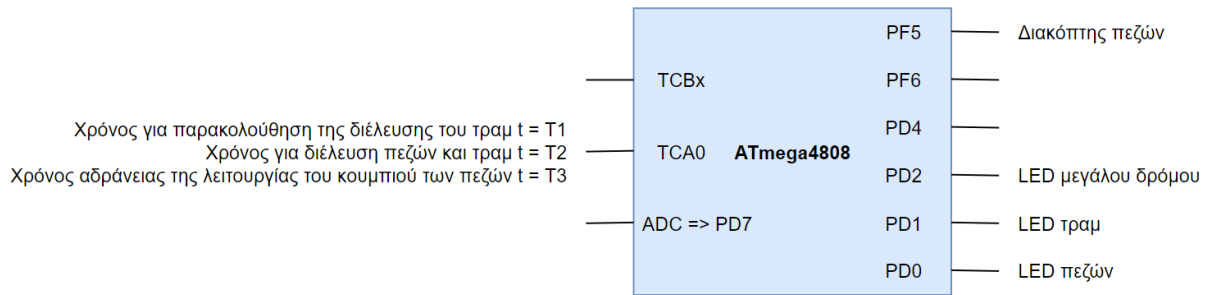
Σκοπός της Εργαστηριακής Άσκησης είναι η προσομοίωση της λειτουργίας μιας διασταύρωσης αυτοκινητόδρομου, η οποία αποτελείται από ένα μεγάλο δρόμο και έναν κάθετο σιδηρόδρομο. Στον μεγάλο δρόμο υπάρχει ένα φανάρι για τα αυτοκίνητα και ένα φανάρι για τους πεζούς, που ανάβει μόνο μετά από πίεση ενός κουμπιού (push button). Τραμ περνάει από τον σιδηρόδρομο ανά τακτά χρονικά διαστήματα $t = T1$ και διακόπτει την κανονική κυκλοφορία, δηλαδή το κόκκινο φανάρι για το μεγάλο δρόμο και το πράσινο για τους πεζούς ενεργοποιείται για ένα χρονικό διάστημα $t = T2$. Επίσης, όταν πατηθεί το κουμπί των πεζών, ανάβει το κόκκινο φανάρι για τα αυτοκίνητα, για τον μεγάλο δρόμο μαζί με το πράσινο φανάρι για τους πεζούς, για το ίδιο χρονικό διάστημα $t = T2$. Μετά το πέρας του διαστήματος $t = T2$, το κόκκινο φανάρι των πεζών και το πράσινο φανάρι του μεγάλου δρόμου ενεργοποιούνται. Για να μπορέσει να πατηθεί ξανά το κουμπί των πεζών (δηλαδή να ενεργοποιηθεί το πράσινο φανάρι για τους πεζούς) πρέπει να έχει περάσει ένα χρονικό διάστημα $t = T3$. Στην περίπτωση που πατηθεί το κουμπί του φαναριού των πεζών και είναι ήδη ενεργό (είτε έχει πατηθεί ήδη μια φορά είτε περνάει το τραμ στο σιδηρόδρομο) η λειτουργία που εκτελείται δεν πρέπει να διακοπεί και τα ενεργά χρονικά διαστήματα πρέπει να διατηρηθούν μέχρι την ολοκλήρωσή τους.

Για την υλοποίηση της Εργαστηριακής Άσκησης 1, θεωρήστε ότι:

- Το φανάρι είναι πράσινο όταν το LED είναι ανοιχτό (λογικό '0') και κόκκινο όταν είναι σβηστό (λογικό '1'). Τα τρία PIN του PORTD που χρησιμοποιούνται είναι τα PIN0, PIN1 και PIN2. Για την προσομοίωση του τραμ, το αντίστοιχο LED (PIN1) θα είναι ενεργοποιημένο όταν το τραμ περνάει από το σημείο αυτό του σιδηρόδρομου και απενεργοποιημένο σε διαφορετική περίπτωση.
- Με διακοπή (interrupt) πρέπει να υλοποιηθεί το πάτημα του κουμπιού των πεζών. Η χρήση του PIN5 του PORTF θα χρησιμοποιηθεί.
- Ο χρονιστής/μετρητής TCA0 μπορεί να χωριστεί σε δύο μικρότερους χρονιστές/μετρητές των 8-bit ο καθένας, με το σετ των εντολών TCA0.SPLIT. Ο ένας από αυτούς θα χρησιμοποιηθεί για τα δύο χρονικά διαστήματα $t = T2$ και $t = T3$. Ο δεύτερος για το χρονικό διάστημα $t = T1$ το οποίο ορίζει κάθε πότε περνάει τραμ, με την αντίστοιχη λειτουργία να ενεργοποιείται. Ορίστε εσείς τις μονάδες χρόνου, που σας διευκολύνουν, για την προσομοίωση, αλλά εξηγήστε τον τρόπο σκέψης και τη διαδικασία του υπολογισμού των τιμών (values).

Εργαστήριο:

Προηγμένοι Μικροεπεξεργαστές



Σχήμα 1.1 : Απεικόνιση ATmega4808, Εργαστηριακής Άσκησης 01

Χρήσιμη οδηγία: Δείτε τα παραπάνω παραδείγματα 1, 2, και 3.

2 Ερωτήματα Εργαστηριακής Άσκησης 2

- 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.

3 Αναφορά Εργαστηριακής Άσκησης 2

- 1 Αναπτύξτε **τον κώδικά σας** συμπεριλαμβάνοντας τα απαραίτητα σχόλια επεξήγησης του κώδικα και βεβαιωθείτε πως όλες οι λειτουργίες εκτελούνται, όπως προβλέπεται.
- 2 Παραδίδετε **διάγραμμα ροής** καθώς και **αναλυτική περιγραφή** της λειτουργίας του κώδικά σας. Εξηγήστε τον τρόπο με τον οποίο ο κώδικάς σας εκτελεί όλες τις διαδικασίες της εφαρμογής που αναλύθηκε παραπάνω, καθώς και τα πιθανά στοιχεία (interrupts, timers, κ.α.), που επιλέξατε και χρησιμοποιήσατε.

*** Σημείωση: Παραδίδετε ένα συνολικό αρχείο με τον κώδικα, τα αναλυτικά σχόλια για τις εντολές που χρησιμοποιήσατε, το διάγραμμα και την περιγραφή ΑΝΑ ΟΜΑΔΑ (μόνο ο ένας εκ των δυο της ομάδας κάνει υποβολή).

*** ΑΝΑΓΡΑΦΕΤΕ **ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΩΣ τα ονόματα και ΑΜ των μελών της ομάδας** εντός του αρχείου που παραδίδετε.

*** Το όνομα του αρχείου να είναι: AM1_AM2_EA2.docx

Βιβλιογραφία - Αναφορές

- 1 Microchip, Επίσημη ιστοσελίδα:
<https://www.microchip.com/mplab/microchip-studio>
- 2 AVR-IoT WxHardware User Guide:
<https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/AVR-IoT-Wx-Hardware-User-Guide-DS50002805C.pdf>
- 3 ATmega4808/4809 Data Sheet:
<https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega4808-09-DataSheet-DS40002173B.pdf>
- 4 Microchip, “Advanced Software Framework (ASF)”:
<https://www.microchip.com/mplab/avr-support/advanced-software-framework>
- 5 Microchip, “MPLAB® XC Compilers”:
<https://www.microchip.com/en-us/development-tools-tools-and-software/mplab-xc-compilers>