A close up of text

Description automatically generated

ΑΘΗΝΑ 25 Οκτωβρίου 2024

**4η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ**

**ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ “Εργαστήριο Μικροϋπολογιστών”**

**ΟΜΑΔΑ 23**

**Συνεργάτες**

Νικόλαος Αναγνώστου Νικόλαος Λάππας

03121818 03121098

**Ζήτημα 4.1:**

Σε αυτήν την άσκηση έπρεπε να χρησιμοποιήσουμε το POT1 σαν αναλογική είσοδο και αυτή την είσοδο να την κάνουμε ADC μετατροπή και κατόπιν υπολογίζοντας τον εξής τύπο: 

να εκτυπώνουμε το Vin με ακρίβεια 2 δεκαδικών.

Επίσης ζητήθηκε να μην περιμένουμε με polling τον adc και να ελέγχουμε με επανάληψη πότε θα ολοκληρώσει την μετατροπή ο adc αλλά να χρησιμοποιήσουμε την διακοπή ολοκλήρωσης του adc.

Ο κώδικας του προγράμματος σε assembly φαίνεται παρακάτω:

.include "m328pbdef.inc"

.equ PD0=0

.equ PD1=1

.equ PD2=2

.equ PD3=3

.equ PD4=4

.equ PD5=5

.equ PD6=6

.equ PD7=7

.equ time\_essential = 49910

.def div1 = r20

.def initiator = r16 ;used for pre-building and setting purposes...

.org 0x0

rjmp start

.org 0x1A

rjmp time\_has\_come

.org 0x02A

rjmp ADC\_ready

start:

ldi r27,10 ;for multiplying purposes

ldi r29,'0';for turning the digits to ascii characters.

ser initiator

out DDRD,initiator

out DDRB,initiator

clr initiator

out DDRC,initiator

out PORTB,initiator

out PORTD,initiator

out EIMSK,initiator ;ensure every other normal interrupt is disabled

rcall lcd\_init

rcall lcd\_clear\_display

sei ;enable interrupts

ldi initiator,LOW(RAMEND)

out SPL,initiator

ldi initiator,HIGH(RAMEND)

out SPH,initiator

clr initiator

;pre-building ADC

ldi initiator,0x41 ;ADC1 as input

sts ADMUX,initiator

ldi initiator,0x8F ;enable conversion-done interrupt

sts ADCSRA,initiator;sts it to ADCSRA

;adc completed

;initialise counter-timer

clr initiator

sts TCCR1B,initiator;ensuring counter is not yet counting and is frozen | WGM13,WGM12 -> 0

sts TCCR1A,initiator;WGM11,WGM10 -> 0 //WE WANT NORMAL FUNCTION...NO PWM

ldi initiator,0x01

sts TIMSK1,initiator ;allowing overflow interrupts for the near future

;we choose clk/1024 = 15.625hz and timer has 16 bits so it counts from 0 all the way up to 65.535

;so to have an interrupt overflow every 1 sec we need to start the count from 65.535-1\*15.625 = 49910 = time\_essential...

;preload the tcnt1 with the correct time\_essential

ldi initiator,HIGH(time\_essential)

sts TCNT1H,initiator

ldi initiator,LOW(time\_essential)

sts TCNT1L,initiator

ldi initiator,0x05

sts TCCR1B,initiator ;timer has started now

main:

rjmp main ;looping

time\_has\_come:

sei

clr initiator ;we can test it without stopping the timer on ntuaboard for fun! But this is more secure

sts TCCR1B,initiator ;defuse timer

ldi initiator,HIGH(time\_essential) ;reload TCNT1 to time\_essential

sts TCNT1H,initiator

ldi initiator,LOW(time\_essential)

sts TCNT1L,initiator

ldi initiator,0x05

sts TCCR1B,initiator ;restart

ldi initiator,0xCF ;setting adsc to 1...now the convertion has been started

sts ADCSRA,initiator

;the job now is done...waiting for the completion interrupt to happen...nothing we can do

reti

ADC\_ready:

rcall lcd\_clear\_display

sei

lds r30 , ADCL

lds r31 , ADCH

rcall lcd\_clear\_display

mov r17,r31

mov r18,r30

lsl r30

rol r31

lsl r30

rol r31

add r30,r18

adc r31,r17 ;\*5

;/1024

;Vin = 5\*adc/2^10

;mov r24,r30

;add r24,r29

;rcall lcd\_data

ldi div1,0

rcall helper\_div

mov r24,div1

add r24,r29

rcall lcd\_data

ldi r24,'.'

rcall lcd\_data

;multiplying to get first decimal

mov r17,r31

mov r18,r30

lsl r30

rol r31

lsl r30

rol r31

lsl r30

rol r31

add r30,r18

adc r31,r17

add r30,r18

adc r31,r17

clr div1

rcall helper\_div

mov r24,div1

add r24,r29

rcall lcd\_data

mov r17,r31

mov r18,r30

lsl r30

rol r31

lsl r30

rol r31

lsl r30

rol r31

add r30,r18

adc r31,r17

add r30,r18

adc r31,r17

clr div1

rcall helper\_div

mov r24,div1

add r24,r29

rcall lcd\_data

reti

helper\_div:

cpi r31,0x04; -1024

brlo helper\_done

subi r31,0x04

inc div1

rjmp helper\_div

helper\_done:

ret

wait\_x\_msec:

ldi r26,LOW(15984);1 cycle

ldi r27,HIGH(15984);1 cycle

helper:

sbiw r26,4 ;2 cycles

brne helper ;2 cycles or 1 cycle for the last iteration

;15984 -> helper consumes 15983 cycles

;so after helper we consume totally 15985 cycles

sbiw r24,1 ;2 cycle

breq last\_msec ;1 cycle but if last msec 2 cycles

;for all msec except from the last -> 15985 + 2 + 1 = 15988 cycles

nop

nop

nop

nop

nop

nop

nop

nop

nop

nop ;10 cycles

;extra 10 cycles -> 15998

brne wait\_x\_msec ;2 cycles total 16000 cycles with this operation

last\_msec:

;in the last iteration (last msec) we have 15989 cycles

nop

nop

nop

nop

;extra 4 cycles -> 15993 cycles

ret ;4 cycles

;with ret and rcall we calculated exactly 16000 cycles again

;so in both cases we end up having 16000 cycles -> 1 msec \* (desired time)

lcd\_init:

ldi r24 ,low(200) ;

ldi r25 ,high(200) ; Wait 200 mSec

rcall wait\_x\_msec ;

ldi r24 ,0x30 ; command to switch to 8 bit mode

out PORTD ,r24 ;

sbi PORTD ,PD3 ; Enable Pulse

nop

nop

cbi PORTD ,PD3

ldi r24 ,30 ;

ldi r25 ,0 ; Wait 250uSec

rcall wait\_x\_msec ;

ldi r24 ,0x30 ; command to switch to 8 bit mode

out PORTD ,r24 ;

sbi PORTD ,PD3 ; Enable Pulse

nop

nop

cbi PORTD ,PD3

ldi r24 ,30 ;

ldi r25 ,0 ; Wait 250uSec

rcall wait\_x\_msec ;

ldi r24 ,0x30 ; command to switch to 8 bit mode

out PORTD ,r24 ;

sbi PORTD ,PD3 ; Enable Pulse

nop

nop

cbi PORTD ,PD3

ldi r24 ,30 ;

ldi r25 ,0

rcall wait\_x\_msec

ldi r24 ,0x20 ; command to switch to 4 bit mode

out PORTD ,r24

sbi PORTD ,PD3 ; Enable Pulse

nop

nop

cbi PORTD ,PD3

ldi r24 ,30 ;

ldi r25 ,0

rcall wait\_x\_msec

ldi r24 ,0x28 ; 5x8 dots, 2 lines

rcall lcd\_command

ldi r24 ,0x0c ; dislay on, cursor off

rcall lcd\_command

rcall lcd\_clear\_display

ldi r24 ,0x06 ; Increase address, no display shift

rcall lcd\_command ;

ret

write\_2\_nibbles:

push r24 ; save r24(LCD\_Data)

in r25 ,PIND ; read PIND

andi r25 ,0x0f ;

andi r24 ,0xf0 ; r24[3:0] Holds previus PORTD[3:0]

add r24 ,r25 ; r24[7:4] <-- LCD\_Data\_High\_Byte

out PORTD ,r24 ;

sbi PORTD ,PD3 ; Enable Pulse

nop

nop

cbi PORTD ,PD3

pop r24 ; Recover r24(LCD\_Data)

swap r24 ;

andi r24 ,0xf0 ; r24[3:0] Holds previus PORTD[3:0]

add r24 ,r25 ; r24[7:4] <-- LCD\_Data\_Low\_Byte

out PORTD ,r24

sbi PORTD ,PD3 ; Enable Pulse

nop

nop

cbi PORTD ,PD3

ret

lcd\_data:

sbi PORTD ,PD2 ; LCD\_RS=1(PD2=1), Data

rcall write\_2\_nibbles ; send data

ldi r24 ,30 ;

ldi r25 ,0

rcall wait\_x\_msec

ret

lcd\_command:

cbi PORTD ,PD2

rcall write\_2\_nibbles

ldi r24 ,30

ldi r25 ,0

rcall wait\_x\_msec

ret

lcd\_clear\_display:

ldi r24 ,0x01

rcall lcd\_command

ldi r24 ,low(5)

ldi r25 ,high(5)

rcall wait\_x\_msec

ret

**Ζήτημα 4.2:**

Σε αυτή την άσκηση έπρεπε να κάνουμε το ίδιο ακριβώς σε C αλλά τώρα έπρεπε να περιμένουμε τον adc να ολοκληρώσει την μετατροπή με την τεχνική polling.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι τόσο στην 4.2 όσο και στην 4.1 αξιοποιήσαμε τον timer1 για να επιβάλλουμε καθυστέρηση 1 sec.

Παρακάτω δίνεται ο κώδικας σε C:

**#define F\_CPU 16000000UL // 16 MHz**

**#include <avr/io.h>**

**#include <util/delay.h>**

**#include <stdint.h>**

**#include <avr/interrupt.h>**

**uint16\_t counter\_begin = 49910 ;**

**void write\_2\_nibbles(uint8\_t lcd\_data) {**

**uint8\_t temp;**

**// Send the high nibble**

**temp = (PIND & 0x0F) | (lcd\_data & 0xF0); // Keep lower 4 bits of PIND and set high nibble of lcd\_data**

**PORTD = temp; // Output the high nibble to PORTD**

**PORTD |= (1 << PD3); // Enable pulse high**

**\_delay\_us(1); // Small delay to let the signal settle**

**PORTD &= ~(1 << PD3); // Enable pulse low**

**// Send the low nibble**

**lcd\_data <<= 4; // Move low nibble to high nibble position**

**temp = (PIND & 0x0F) | (lcd\_data & 0xF0); // Keep lower 4 bits of PIND and set high nibble of new lcd\_data**

**PORTD = temp; // Output the low nibble to PORTD**

**PORTD |= (1 << PD3); // Enable pulse high**

**\_delay\_us(1); // Small delay to let the signal settle**

**PORTD &= ~(1 << PD3); // Enable pulse low**

**}**

**void lcd\_data(uint8\_t data)**

**{**

**PORTD |= 0x04; // LCD\_RS = 1, (PD2 = 1) -> For Data**

**write\_2\_nibbles(data); // Send data**

**\_delay\_ms(5);**

**return;**

**}**

**void lcd\_command(uint8\_t data)**

**{**

**PORTD &= 0xFB; // LCD\_RS = 0, (PD2 = 0) -> For Instruction**

**write\_2\_nibbles(data); // Send data**

**\_delay\_ms(5);**

**return;**

**}**

**void lcd\_clear\_display()**

**{**

**uint8\_t clear\_disp = 0x01; // Clear display command**

**lcd\_command(clear\_disp);**

**\_delay\_ms(5); // Wait 5 msec**

**return;**

**}**

**void lcd\_init() {**

**\_delay\_ms(200);**

**// Send 0x30 command to set 8-bit mode (three times)**

**PORTD = 0x30; // Set command to switch to 8-bit mode**

**PORTD |= (1 << PD3); // Enable pulse**

**\_delay\_us(1);**

**PORTD &= ~(1 << PD3); // Clear enable**

**\_delay\_us(30); // Wait 250 Âµs**

**PORTD = 0x30; // Repeat command to ensure mode set**

**PORTD |= (1 << PD3);**

**\_delay\_us(1);**

**PORTD &= ~(1 << PD3);**

**\_delay\_us(30);**

**PORTD = 0x30; // Repeat once more**

**PORTD |= (1 << PD3);**

**\_delay\_us(1);**

**PORTD &= ~(1 << PD3);**

**\_delay\_us(30);**

**// Send 0x20 command to switch to 4-bit mode**

**PORTD = 0x20;**

**PORTD |= (1 << PD3);**

**\_delay\_us(1);**

**PORTD &= ~(1 << PD3);**

**\_delay\_us(30);**

**// Set 4-bit mode, 2 lines, 5x8 dots**

**lcd\_command(0x28);**

**// Display ON, Cursor OFF**

**lcd\_command(0x0C);**

**// Clear display**

**lcd\_clear\_display();**

**// Entry mode: Increment cursor, no display shift**

**lcd\_command(0x06);**

**}**

**ISR(TIMER1\_OVF\_vect)**

**{**

**ADCSRA |= (1 << ADSC); /\* Start conversion from analog to digital.**

**\* Answer saved in ADC 16-bit register by default.**

**\*/**

**//while(ADCSRA & (1 << ADSC)); // Wait for conversion to end**

**TCNT1H = (counter\_begin>>8); //must begin-time so i have interrupt by timer overflow every 1 second**

**TCNT1L = (counter\_begin); // Re-initialize again the timer for overflow**

**//TCCR1B = (1 << CS10) | (1 << CS12);**

**lcd\_clear\_display();**

**ADCSRA |= 0x40; //start ADC**

**while((ADCSRA&0x40)!= 0x00){} //while ?he conversion last hold fast**

**uint16\_t save1;**

**uint16\_t result;**

**result = ADC;**

**result = result\*5;**

**save1 = result % 1024;**

**result = result/1024;**

**result += '0';**

**lcd\_data(result);**

**lcd\_data('.');**

**result = save1\*10;**

**save1 = result % 1024;**

**result = result/1024 ;**

**result += '0';**

**lcd\_data(result);**

**result = save1\*10;**

**result = result/1024;**

**result += '0';**

**lcd\_data(result);**

**}**

**int main(){**

**lcd\_init();**

**lcd\_clear\_display();**

**sei();//enable interrupts**

**DDRB = 0xff;**

**PORTB = 0x00;**

**DDRC = 0x00;**

**DDRD = 0xff;**

**PORTD = 0x00;**

**//adc enable**

**ADMUX = 0x41;**

**ADCSRA = 0x87;//ban interrupts from adc**

**//time set up**

**TCCR1B = 0x00; //freeze timer**

**TIMSK1 = 0x01; //allowing overflow interrupt**

**TCNT1H = (counter\_begin>>8); //must begin-time so i have interrupt by timer overflow every 1 second**

**TCNT1L = (counter\_begin);**

**TCCR1B = 0x05;//start timer with 16000000/1024=15.625 hz**

**while(1){}**

**Ζήτημα 4.3:**

Ζητούμενο της συγκεκριμένης άσκησης είναι να προσομοιώσουμε έναν αισθητήρα για μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Αυτό το επιτυγχάνουμε ρυθμίζοντας τον αισθητήρα ως την αναλογική είσοδο Α2 του μικροελεγκτή (POT3). Για την μετατροπή της αναλογικής τάσης εισόδου από Volt στην δεδομένη μονάδα μέτρησης που θέλουμε, (ppm), χρησιμοποιούμε τον σύνδεσμο που μας δίνεται, και συγκεκριμένα, κάνουμε χρήση των τύπων:

όπου έχουμε ορίσει κατάλληλα τις σταθερές με βάση τα δεδομένα. Τις σταθερές στο πρόβλημά μας της ορίσαμε με . Τους υπολογισμούς αυτούς τους κάνουμε μέσα στην συνάρτηση και ανάλογα με το τι τιμή θα επιστρέψει, (συγκριτικά πάντα με το 70ppm), ανάβουμε συγκεκριμένα λαμπάκια τις επιλογής μας. Η επιλογή των κατάλληλων leds αναλόγως του επιπέδου επικινδυνότητας φαίνεται στην συνάρτηση . Όταν έχουμε τιμή συγκέντρωσης του μονοξειδίου πάνω από τα 70ppm, τότε τα αντίστοιχα λαμπάκια που έχουμε ορίσει αναβοσβήνουν.

Για την επικοινωνία με την οθόνη LCD της πλακέτας, έχουμε μετατρέψει τον δοθέντα κώδικα της assembly σε c και προσέχουμε να κάνουμε κάθε φορά που φορτώνουμε νέο ή επόμενο μήνυμα να έχει προηγηθεί καθαρισμός της οθόνης, αλλιώς θα τυπώνονται συνεχόμενα τα μηνύματα. Όταν έχουμε CO\_ppm > 7ppm, τυπώνεται στην οθόνη το μήνυμα ‘GAS DETECTED’ και μένει εκεί μέχρι να πέσει η τιμή σε ppm. Αντίστοιχα, όταν έχουμε τιμή μικρότερη από 70 ppm, τότε τυπώνεται στην οθόνη το μήνυμα ‘CLEAR’. Αυτό με το συγκεκριμένο μήνυμα θα γίνεται μόνο αν έχει προηγηθεί το μήνυμα ‘GAS DETECTED’. Αν ξεκινήσει η υλοποίηση της άσκησης και προκύψει τιμή απευθείας μικρότερη των 70ppm, τότε κανένα μήνυμα δεν θα τυπωθεί στην οθόνη. Αν, όμως, απευθείας προκύψει >70ppm, τότε θα τυπωθεί το ‘GAS DETECTED’ και μετά όταν πέσει κάτω από τα 70ppm, θα τυπώσουμε ‘CLEAR’.

Τέλος, αξίζει να πούμε ότι προκαλούμε διακοπές με χρονιστή (TIMER1) κάθε 100ms. Αυτό το επιτυγχάνουμε αρχικοποιώντας τον καταχωρητή TCNT1 στην τιμή 63972. Άρα κάθε 100msec θα προκαλείται διακοπή υπερχείλισης του timer1, η οποία θα μεταφέρει την εκτέλεση του κώδικα στην ρουτίνα εξυπηρέτησης της διακοπής αυτής. Στην ρουτίνα αυτή αρχικοποιούμε την ADC μετατροπή (δειγματοληπτούμε την τάση που διαβάζει ο μικροελεγκτής στο POT3) και μόλις γίνει η μετατροπή, επειδή έχουμε ενεργοποιήσει το interrupt flag του καταχωρητή ADCSRA, θα γίνει trigger και της διακοπής ADC, και θα μεταφερθούμε στην ρουτίνα εξυπηρέτησης αυτής της διακοπής (αφού ολοκληρώσει η προηγούμενη). Στην ρουτίνα εξυπηρέτησης της ADC διακοπής έχουμε βάλει όλο τον κώδικα που καλούμαστε να υλοποιήσουμε. Ο κώδικάς μας φαίνεται παρακάτω:

#define F\_CPU 16000000UL // 16 MHz

#include <avr/io.h>

#include <util/delay.h>

#include <avr/interrupt.h>

#include <stdint.h>

#include <stdbool.h>

#define SENSITIVITY 0.0129 // Sensitivity in A/ppm

#define VREF 5.0 // Reference voltage in Volts

#define Vgas0 0.1 // Vgas0 in Volts

#define CO\_threshold 70 // Threshold in ppm

volatile float V\_in = 0.0;

volatile int CO\_ppm = 0;

volatile uint8\_t leds = 0x00;

volatile bool gas\_detected = false;

void ADC\_init() // Must add the interrupts

{

/\* Chose ADC channe2 (ADC2) to read from POT3, ends in ...0010

\* For voltage reference selection: REFS0 = 1, REFS1 = 0

\* Right adjustment: ADLAR = 0

\* ADC0: MUX3 = 0, MUX2 = 0, MUX1 = 1, MUX0 = 0

\*/

ADMUX = (1 << REFS0) | (1 << MUX1);

// Same as the above ADMUX = 0b01000010;

/\* Enable ADC: ADEN = 1

\* No conversion from analog to digital YET: ADSC = 0

\* Enable ADC interrupt: ADIE = 1

\* Prescaler: f\_ADC = 16MHz / prescaler and

\* 50kHz <= f\_ADC <= 200kHz for 10-bits accuracy. So,

\* division factor = 128 -> gives f\_ADC = 125kHz -> may NOT be needed here

\*/

ADCSRA = (1 << ADEN) | (1 << ADPS2) | (1 << ADPS1) | (1 << ADPS0) | (1<<ADIE);

// Same as the above ADCSRA = 0b10000111;

// Only using ADC2, so for less power consumption set ADCi to disable their

// digital input that we don't use

//DIDR0 = (1 << ADC2D); // Only disable digital input on ADC2

}

// Cx -> CO concentration

uint8\_t open\_LEDs(int Cx)

{

if (Cx <= 10) return 0x00; // if Cx <= 10ppm, open none

if (Cx <= 30) return 0x01; // if Cx <= 30ppm, open PB0

if (Cx <= 70) return 0x03; // if Cx <= 70ppm, open PB0-PB1

if (Cx <= 170) return 0x07; // if Cx <= 170ppm, open PB0-PB2 -> GAS DETECTED

if (Cx <= 270) return 0x0F; // if Cx <= 270ppm, open PB0-PB3

if (Cx <= 370) return 0x1F; // if Cx <= 370ppm, open PB0-PB4

return 0x3F; // if Cx > 370ppm, open PB0-PB5

}

int calc\_CO\_concentration()

{

/\* V\_in: (normalized) voltage from analog input A2 of microprocessor

\* ADC\_value: value (10-bits = 1024) that ADC conversion gets

\* VREF: voltage reference by default

\*/

V\_in = (ADC \* VREF) / 1024.0; // float

/\* The target gas concentration CO\_ppm is calculated by the following

\* method (from the link provided page 3)

\*/

CO\_ppm = (int)((V\_in - Vgas0) / SENSITIVITY); // convert float to int

return CO\_ppm;

}

/\* Timer Interrupt routine

\* When overflow of TCNT1 occurs, the program will come here

\* and we want the ADC conversion to start.

\*/

ISR(TIMER1\_OVF\_vect)

{

ADCSRA |= (1 << ADSC); /\* Start conversion from analog to digital.

\* Answer saved in ADC 16-bit register by default.

\*/

sei(); // Because interrupts are disabled

TCNT1 = 63972; // Re-initialize again the timer for overflow

}

// Interrupt routine for ADC

ISR(ADC\_vect)

{

CO\_ppm = calc\_CO\_concentration();// Calculate CO concentration

if (CO\_ppm > CO\_threshold) // Blink necessary leds until CO\_ppm drops down to 70ppm or less

{

if(gas\_detected) // If already gas detected

{

leds = open\_LEDs(CO\_ppm); // Indicate which leds should be on

if(PORTB == leds)

{

PORTB = 0x00;

\_delay\_ms(50);

PORTB = leds;

}

else

{

PORTB = leds;

\_delay\_ms(50);

PORTB = 0x00;

\_delay\_ms(50);

PORTB = leds;

}

}

else // If first time gas detection

{

gas\_detected = true;

leds = open\_LEDs(CO\_ppm); // Indicate which leds should be on

PORTB = leds;

detected\_gas(); // Display 'GAS DETECTED'

}

}

else if (CO\_ppm <= CO\_threshold) // Just open necessary leds

{

leds = open\_LEDs(CO\_ppm); // Indicate which leds should be on

PORTB = leds; // Steady led display without blinking

if(gas\_detected) // If we have detected gas, clear screen and display 'CLEAR'

{

clear\_gas(); // Display 'CLEAR'

}

gas\_detected = false;

}

}

void write\_2\_nibbles(uint8\_t lcd\_data) {

uint8\_t temp;

// Send the high nibble

temp = (PIND & 0x0F) | (lcd\_data & 0xF0); // Keep lower 4 bits of PIND and set high nibble of lcd\_data

PORTD = temp; // Output the high nibble to PORTD

PORTD |= (1 << PD3); // Enable pulse high

\_delay\_us(1); // Small delay to let the signal settle

PORTD &= ~(1 << PD3); // Enable pulse low

// Send the low nibble

lcd\_data <<= 4; // Move low nibble to high nibble position

temp = (PIND & 0x0F) | (lcd\_data & 0xF0); // Keep lower 4 bits of PIND and set high nibble of new lcd\_data

PORTD = temp; // Output the low nibble to PORTD

PORTD |= (1 << PD3); // Enable pulse high

\_delay\_us(1); // Small delay to let the signal settle

PORTD &= ~(1 << PD3); // Enable pulse low

}

void lcd\_data(uint8\_t data)

{

PORTD |= 0x04; // LCD\_RS = 1, (PD2 = 1) -> For Data

write\_2\_nibbles(data); // Send data

\_delay\_ms(5); // Wait 5 msec

return;

}

void lcd\_command(uint8\_t data)

{

PORTD &= 0xFB; // LCD\_RS = 0, (PD2 = 0) -> For Instruction

write\_2\_nibbles(data); // Send data

\_delay\_ms(5); // Wait 5 msec

return;

}

void lcd\_clear\_display()

{

uint8\_t clear\_disp = 0x01; // Clear display command

lcd\_command(clear\_disp);

\_delay\_ms(5); // Wait 5 msec

return;

}

void lcd\_init() {

\_delay\_ms(200);

// Send 0x30 command to set 8-bit mode (three times)

PORTD = 0x30; // Set command to switch to 8-bit mode

PORTD |= (1 << PD3); // Enable pulse

\_delay\_us(1);

PORTD &= ~(1 << PD3); // Clear enable

\_delay\_us(250); // Wait 250 µsec

PORTD = 0x30; // Repeat command to ensure mode set

PORTD |= (1 << PD3);

\_delay\_us(1);

PORTD &= ~(1 << PD3);

\_delay\_us(250);

PORTD = 0x30; // Repeat once more

PORTD |= (1 << PD3);

\_delay\_us(1);

PORTD &= ~(1 << PD3);

\_delay\_us(250);

// Send 0x20 command to switch to 4-bit mode

PORTD = 0x20;

PORTD |= (1 << PD3);

\_delay\_us(1);

PORTD &= ~(1 << PD3);

\_delay\_ms(5);

// Set 4-bit mode, 2 lines, 5x8 dots

lcd\_command(0x28);

// Display ON, Cursor OFF

lcd\_command(0x0C);

// Clear display

lcd\_clear\_display();

// Entry mode: Increment cursor, no display shift

lcd\_command(0x06);

}

void clear\_gas()

{

lcd\_clear\_display(); // Clear display before new output

lcd\_data('C');

lcd\_data('L');

lcd\_data('E');

lcd\_data('A');

lcd\_data('R');

return;

}

void detected\_gas()

{

lcd\_clear\_display(); // Clear display before new output

lcd\_data('G');

lcd\_data('A');

lcd\_data('S');

lcd\_data(' ');

lcd\_data('D');

lcd\_data('E');

lcd\_data('T');

lcd\_data('E');

lcd\_data('C');

lcd\_data('T');

lcd\_data('E');

lcd\_data('D');

return;

}

int main ()

{

DDRB = 0x3F; // Initialize (set) PB0-PB5 as output

DDRD = 0xFF; // LCD

DDRC = 0x00; // ADC

ADC\_init(); // Initialize ADC

TIMSK1 = (1 << TOIE1); // Enable interrupts of TCNT1 (overflow)

TCCR1B = (1 << CS10) | (1 << CS12); // Frequency of Timer1 16MHz/1024

TCNT1 = 63972; /\* This is because i want interrupts to happen

\* every 100msec. I have 16MHz microprocessor

\* frequency, so with prescaler = 1024 every

\* second occurs after 16MHz/1024 = 15625 cycles.

\* I want after each 0,1 second to trigger interrupt

\* so 0,1 \* 15625 = 1562,5 equals almost to

\* 1563 cycles. So TCNT1 initial value should

\* be 65535-1563=63972.

\* That means that when 1563 cycles pass

\* there will occur overflow that will trigger interrupt.

\*/

lcd\_init();

\_delay\_ms(100);

lcd\_clear\_display();

sei(); // Enable global interrupts

while(1) // Loop infinitly enabling interrupts

{

sei();

}

}