



ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΣ

COMPUTER ENGINEERING & INFORMATICS DEPARTMENT, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

st1072608@ceid.upatras.gr

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ-ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

- Αδυναμία άμεσου εντοπισμού συμβάντων όπως:
 - διαρροή νερού
 - διαρροή επικίνδυνων αερίων
 - πυρκαγιά.
- Οι επιπτώσεις αυτών των καταστροφών μπορεί να είναι καταστροφικές.
- Σκοπός του συστήματος είναι:
 - αυτοματοποίηση του ελέγχου
 - καταστολή τέτοιων καταστροφών με ταχύτητα σημαντικά μεγαλύτερη από την μέση ταχύτητα αντίδρασης ενός ανθρώπου
 - ειδοποίηση του χρήστη για την ενεργοποίησή του συναγερμού μέσω SMS.

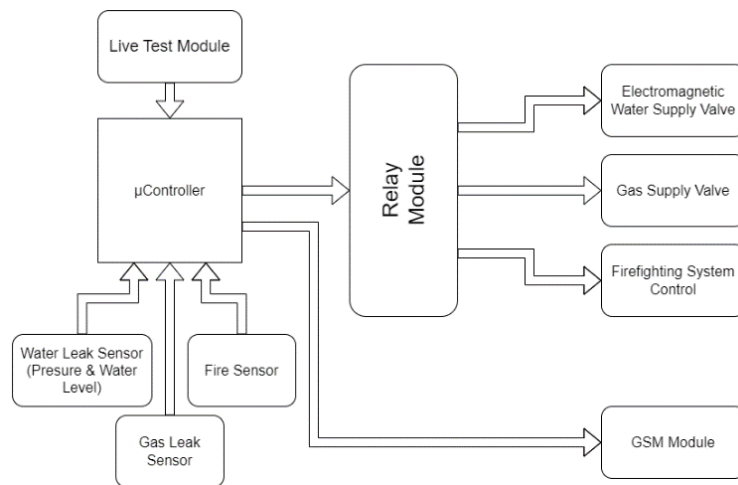
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΧΡΗΣΤΗ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ

- Οι κύριες απαιτήσεις του συστήματος:
 - Γρήγορη και έγκαιρη απόκριση
 - Μικρό κόστος, ανταγωνιστικό σε σχέση με προϊόντα που υπάρχουν ήδη στην αγορά
 - Μειωμένη πιθανότητα εμφάνισης False Positive αποτελεσμάτων
 - Ενημέρωση του χρήστη μέσω SMS όταν ενεργοποιείται ο συναγερμός
 - Back-up τροφοδοσία για την περίπτωση διακοπής ρεύματος

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΧΡΗΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ

- Δειγματοληψία συσκευής: ανά 10 sec
- Κόστος Παραγωγής: $\leq 100\text{€}$
- Ακρίβεια αισθητήρων: 0-2 δεκαδικά ψηφία
- Αυτονομία: min 5 ώρες
- Πρωτόκολλο επικοινωνίας με χρήστη: SMS (μέσω GSM Module, καθώς η λειτουργία του παραπάνω module δεν εξαρτάται από την παροχή ή όχι internet η οποία κατά την διάρκεια μιας πυρκαγιάς για παράδειγμα μπορεί να μην είναι δυνατή)
- Το σύστημα πυρόσβεσης εγκαθίσταται ξεχωριστά από τον χρήστη, όπως και όλοι οι αισθητήρες και ηλεκτρο-βαλβίδες που συνοδεύουν το σύστημα
- Είσοδοι για έλεγχο ορθής λειτουργίας του συστήματος

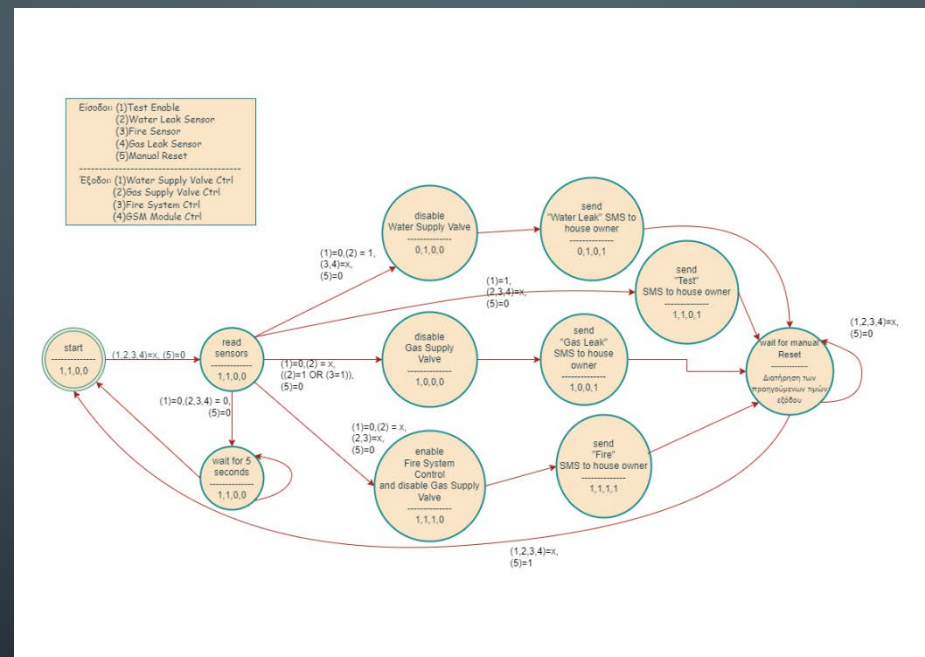
ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ



ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

- Το σύστημα βασίζεται σε έναν μικροελεγκτή ο οποίος δειγματοληπτεί μια ομάδα αισθητήρων
- Ανάλογα με τα αποτελέσματα ελέγχει ένα σετ από Relay τα οποία είναι υπεύθυνα για την λειτουργία των μηχανισμών αντιμετώπισης των αντίστοιχων καταστροφών.
- Τέλος υπάρχει ένα module το οποίο είναι υπεύθυνο για την δοκιμή-έλεγχο ορθής λειτουργίας του συστήματος και θα αποτελείται από switch το οποίο όταν ενεργοποιείται θα πραγματοποιεί έλεγχο μέσω του software

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ



ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

- Το λογισμικό είναι υπεύθυνο στο σύστημα για την ανάγνωση των τιμών των αισθητήρων
- Επίσης μέσω λογισμικού γίνεται ο έλεγχος των 12V Relays τα οποία είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο των βαλβίδων παροχής νε-ρού και αερίου και της αντλίας νερού για πυρόσβεση.
- Η δειγματοληψία των αισθητήρων γίνεται ανά 10 δευτερόλεπτα.
- Για τον έλεγχο του GSM Module χρησιμοποιείται η βιβλιοθήκη SoftwareSerial.h.
- Σε περίπτωση ενεργοποίησης ενός αισθητήρα το σύστημα μπαίνει σε mode αντιμετώπισης κινδύνου και δεν βγαίνει από αυτό μέχρι να γίνει manual Reset του συστήματος (μέσω του κουμπιού Reset της πλακέτας του Arduino UNO)
- Ο πηγαίος κώδικας του λογισμικού παρατίθεται στον παρακάτω σύνδεσμο:
<https://github.com/KonstantinosParaskevoopoulos/Embedded-Systems-Project/blob/main/HomeProtection.ino>

ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΥΛΙΚΟΥ

- Το λογισμικό είναι υπεύθυνο για τη δειγματοληψία των τιμών των αισθητήρων και για τον έλεγχο εάν αυτές βρίσκονται σε φυσιολογικά όρια (-τιμές για αισθητήρες που επιστρέφουν ψηφιακές τιμές 0 ή 1),
- Επίσης θα πρέπει να ελέγχει τις εξόδους στα Relay τα οποία με τη σειρά τους ελέγχουν τους μηχανισμούς αντιμετώπισης.
- Κατά την ενεργοποίηση της εισόδου ελέγχου ορθής λειτουργίας του κυκλώματος θα πρέπει να προσομοιάζεται η ενεργοποίηση κάθε ενός από τους αισθητήρες χωρίς όμως να ενεργοποιείται ο μηχανισμός αντιμετώπισης, καθώς αυτό θα ήταν μη αναγκαία χρήση διαθέσιμων πόρων.
- Τέλος το Software του συστήματος είναι υπεύθυνο για την σύνταξη και αποστολή μηνύματος SMS στον χρήστη που θα τον ειδοποιεί για οποιαδήποτε ενεργοποίηση κάποιου αισθητήρα (θα πρέπει να στέλνει SMS και κατά την διάρκεια του testing)

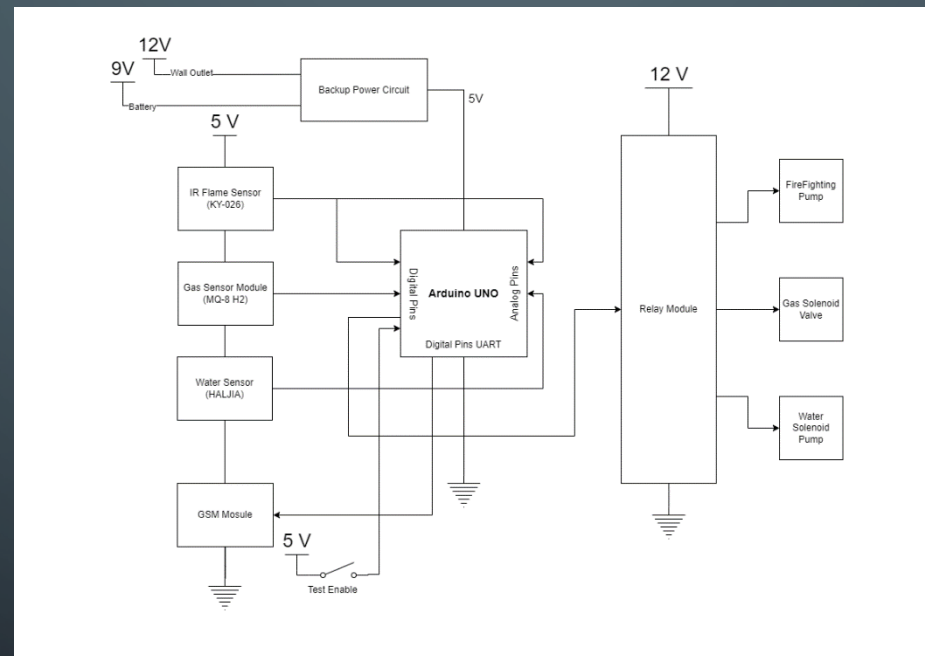
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΛΙΚΟΥ

- Για το υλικό του συστήματος επιλέχθηκε ο microcontroller ATMega328, ο οποίος ανήκει στην οικογένεια των 8-Bit μικροελεγκτών της Atmel και είναι η βάση του Arduino Uno
- Ο κυριότερος λόγος που επιλέχθηκε η συγκεκριμένη πλατφόρμα ανάπτυξης υλικού είναι το χαμηλό της κόστος καθώς κάθε μονάδα κοστίζει 27,60 \$ ενώ καλύπτει τις ανάγκες του συστήματος σε εξαιρετικά ικανοποιητικό επίπεδο.
- Επιλέχθηκε η version της πλατφόρμας με το αφαιρούμενο chip δίνοντας έτσι τη δυνατότητα αλλαγής μόνο του chip και όχι ολόκληρης της πλακέτας σε περίπτωση καταστροφής του αρχικού chip.
- Επιπλέον ακόμα ένα προτέρημα της παραπάνω πλατφόρμας είναι συνοδεύεται από την open-source «σουίτα» προγραμματισμού του Arduino η οποία διευκολύνει αρκετά τον προγραμματισμό της συσκευής.

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΛΙΚΟΥ

- Για το σύστημά μας χρησιμοποιούνται:
 - 2 από τα Digital pins για το διάβασμα των τιμών των αισθητήρων
 - 3 Digital Pins για τον έλεγχο των Relays ελέγχου των υποσυστημάτων προστασίας
 - 1 Analog Pin για τον έλεγχο της στάθμης νερού
 - 2 pins για την αποστολή και λήψη δεδομένων ανάμεσα στο Arduino και το GSM Module το οποίο είναι υπεύθυνο για την αποστολή SMS στον χρήστη όταν το σύστημα εντοπίσει κάποια «καταστροφή»
- Για GSM Module χρησιμοποιήθηκε το SIM900 GSM Shield από το οποίο χρησιμοποιείται η δυνατότητα αποστολής SMS μέσω δικτύου GSM με τη χρήση κάρτας SIM 2G.
- Σύστημα διαχείρισης τροφοδοσίας με σκοπό την συνύπαρξη τροφοδοσίας από ηλεκτρική πρίζα και τροφοδοσίας από μπαταρίας.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

- Το σύστημα μπορεί θεωρητικά να χωριστεί σε 5 υποσυστήματα
 1. Υποσύστημα Προστασίας από φωτιά
 - Αισθητήρας υπέρυθρων KY-026.
 - Αντλία 12V χαμηλής ροής-υψηλής πίεσης
 2. Υποσύστημα προστασίας από διαρροή νερού
 - Αισθητήρας στάθμης νερού HALJIA
 - Solenoid Valve ST-DA 1/4" brass EPDM 0-13bar 12V DC
 3. Υποσύστημα προστασίας από διαρροή αερίου
 - Αισθητήρας αερίων που περιέχουν Υδρογόνο MQ-8 H2
 - Solenoid Valve ST-DA 1/4" brass EPDM 0-13bar 12V DC

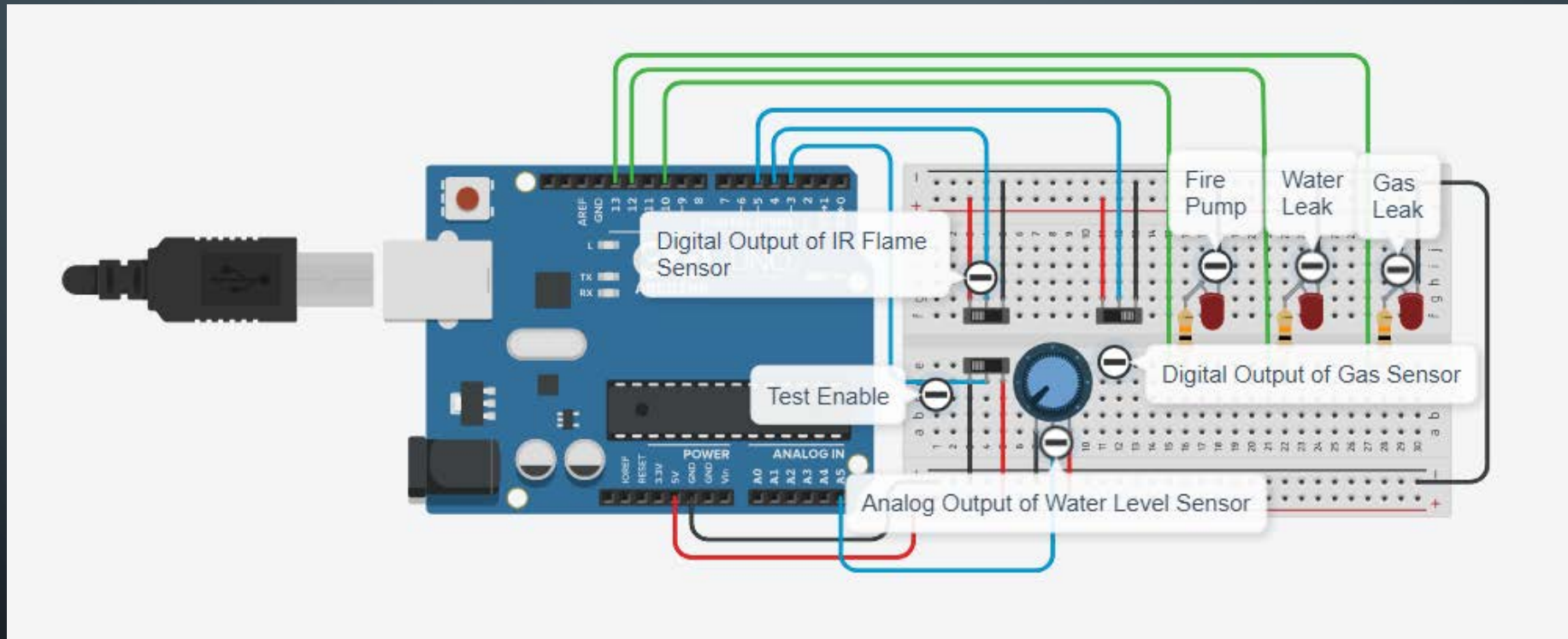
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

- Το σύστημα μπορεί θεωρητικά να χωριστεί σε 5 υποσυστήματα
 4. Υποσύστημα επικοινωνίας με το χρήστη μέσω SMS
 - SIM900 GSM Shield
 5. Υποσύστημα διαχείρισης τροφοδοσίας
 - Πλακέτα με δυνατότητα να υποστηρίζει τροφοδοσία 12V από ηλεκτρική πρίζα και τροφοδοσία επίσης από μπαταρία 9V.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

- Για την θεωρητική προσέγγιση της υλοποίησης χρησιμοποιήθηκε η online πλατφόρμα σχεδίασης και εξομοίωσης κυκλωμάτων TinkerCAD της εταιρίας AUTODESK.
- Εξαιτίας των ελλείψεων της εφαρμογής σε Components, διάφορα στοιχεία του κυκλώματος αντικαταστάθηκαν με άλλα τα οποία έχουν την ίδια λογική συμπεριφορά.
- Για παράδειγμα, ορισμένες ψηφιακές είσοδοι του Arduino αντικαταστάθηκαν από switches και ροοστάτες, ορισμένοι έξοδοι αντικαταστάθηκαν από LEDs και το ενσωματωμένο Serial Interface του Arduino
- Σύνδεσμος που οδηγεί στην σελίδα της υλοποίησης του συστήματος.
<https://www.tinkercad.com/things/a2G4SbTMq65-home-protection-system>

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ



ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

The screenshot displays a Tinkercad simulation environment for a 'Home Protection System'. An Arduino Uno is connected to a breadboard containing a fire sensor, a gas sensor, a water sensor, and two relays. The breadboard also features two LEDs and two buzzers. The simulation interface includes a toolbar at the top and a code editor on the right.

Arduino Code

```
64  
65  
66  
67 TEST_EN = digitalRead(TEST_ENABLE);  
68 FS = digitalRead(FIRE_SENSOR_D);  
69 GLS = digitalRead(GAS_SENSOR_D);  
70 if(analogRead(WATER_SENSOR)>100) WLS=HIGH;  
71 else WLS=LOW;  
72  
73 if(FS == HIGH) { //Check for Fire  
74   if(!SMS_SENT_FIRE){  
75     if(!TEST_EN){  
76       open_Valve_Fire(); //Enable Fire Extinguishing Pump  
77       close_Valve_Gas(); //Close Flammable Gases Valve  
78     }  
79     SMS_fire(); //Send Fire Detection SMS  
80     SMS_SENT_FIRE = true; //Enable Flag that assures that all the  
81   }  
82 }  
83 if(WLS == HIGH){ //Check for Water Leak  
84   if(!SMS_SENT_WATER){  
85     if(!TEST_EN){  
86       close_Valve_Water(); //Enable Fire Extinguishing Pump  
87     }  
88     SMS_water_leak();  
89     SMS_SENT_WATER = true;  
90   }  
91 }  
92 if(GLS == HIGH){ //Check for Gas Leak  
93   if(!SMS_SENT_GAS){  
94     if(!TEST_EN){  
95       close_Valve_Gas(); //Enable Fire Extinguishing Pump  
96     }  
97   }  
98 }  
99 }  
100
```

LEDs for Fire Pump and Gas Valve ON due to Fire Alarm

Serial Monitor: SMS to User due to Fire Alarm

Serial Monitor Output:

```
Initializing...  
AT  
AT+CMGF=1  
AT+CMMS="306941413378"  
Fire Detected
```

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

- Για την εκτίμηση των Πειραματικών μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν 2 εργαλεία.
 - AutoCAD TinkerCAD (εξομοίωση της λειτουργίας του κυκλώματος)
 - Microsoft Excel (λογικός έλεγχος των τιμών που θα έπρεπε να προκύψουν κατά την εκτέλεση του κώδικα)

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΟΡΘΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

- Για την υλοποίηση ελέγχου ορθής λειτουργίας κατά την λειτουργία του κυκλώματος έχει υλοποιηθεί η συνάρτηση `System_Check_Routine()`
- Η συνάρτηση αυτή εκτελείται όταν ενεργοποιηθεί ο διακόπτης `TEST_ENABLE`
- Κατά την εκτέλεση:
 - Οι τρεις μεταβλητές `FS`, `WLS` και `GLS` τίθενται στην λογική τιμή 1
 - Εκτελείται λογικό `AND` μεταξύ των 3 μεταβλητών και το αποτέλεσμα αποθηκεύεται στην μεταβλητή `check`.
 - Αποστέλλεται `SMS` στον χρήστη με το αποτέλεσμα του test με ένδειξη επιτυχίας ή αποτυχίας
- Παραβλέπεται η ενεργοποίηση των αντίστοιχων `Relays` για την αποφυγή των `False Activation` των υποσυστημάτων πυρόσβεσης και διακοπής των παροχών νερού και αερίου αντίστοιχα.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΟΡΘΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

- Ο έλεγχος της ορθής λειτουργίας των Relays απαιτεί:
 - απενεργοποίηση του διακόπτη TEST_ENABLE
 - την αποσύνδεση των Βαλβίδων και της αντλίας νερού
- Ο χρήστης θα πρέπει να δημιουργήσει «χειροκίνητα» τις συνθήκες ύπαρξης κάποιας καταστροφής, για παράδειγμα με τη χρήση κάποιου αναπτήρα, την έκχυση μικρής ποσότητας νερού πάνω στον αισθητήρα πλημμύρας, ή την παραγωγή αερίων από εξωτερική πηγή.
- Στη συνέχεια ο χρήστης θα πρέπει να παρατηρήσει την έξοδο των Relays είτε με τη χρήση κάποιου πολυμέτρου ή ακόμα και με την ακοή (χαρακτηριστικό “click”)

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

- Χρήση περισσότερων αισθητήρων για την κάλυψη μεγαλύτερων χώρων
- Επιλογή διαφορετικού μικροελεγκτή
- Χρήση εκτυπωμένης πλακέτας κυκλώματος PCB αντί Breadboard
- Χρήση Interrupts αντί της συνάρτησης `delay()`

ΒΑΣΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ-ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

- Για την εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα εξής εργαλεία και εφαρμογές:
 - **Arduino IDE** για την συγγραφή του Firmware και τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή του Arduino UNO
 - **Autodesk TinkerCAD** για την εξομοίωση και τον έλεγχο των λειτουργιών του συστήματος
 - **EasyEDA** για την σχεδίαση του κυκλώματος αυτονομίας και την σχεδίαση της αντίστοιχης πλακέτας PCB

REFERENCES

- N N Mahzan: Design of an Arduino-based home fire alarm system with GSM module (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1019/1/012079/pdf>) (2018)
- Arduino Gas Detecting Alarm System (<https://www.instructables.com/Arduino-Gas-Detecting-Alarm-System/>)
- SOS Leak Sensor with an Arduino (<https://bluerobotics.com/learn/sos-leak-sensor-with-an-arduino/>)
- Arduino Comparison Guide (https://www.sparkfun.com/standard_arduino_comparison_guide)
- Send Receive SMS & Call with SIM900 GSM Shield & Arduino (<https://lastminuteengineers.com/sim900-gsm-shield-arduino-tutorial/>)
- KY-026 FLAME SENSOR MODULE (<https://arduinomodules.info/ky-026-flame-sensor-module/>)
- ARDUINO WATER LEVEL SENSOR TUTORIAL (<https://www.thegeekpub.com/236571/arduino-water-level-sensor-tutorial/>)
- Interfacing MQ-8 Hydrogen Gas Sensor Module with Arduino (<https://electropeak.com/learn/interfacing-mq-8-smoke-gas-sensor-module-with-arduino/>)
- Arduino IDE (<https://docs.arduino.cc/software/ide-v2>)
- EasyEDA Editor STD (<https://easyeda.com/editor>)
- Official Guide to Tinkercad Circuits (https://assets.ctfassets.net/jl5ii4oqrddmc/4sMFqe3rDlbUymJt0l4yh/85a4487f7fe274e74c19870ae4679fc1/tinkercad-guides_circuits-Printable.pdf)
- AUTODESK TincerCAD: (<https://www.tinkercad.com/>)