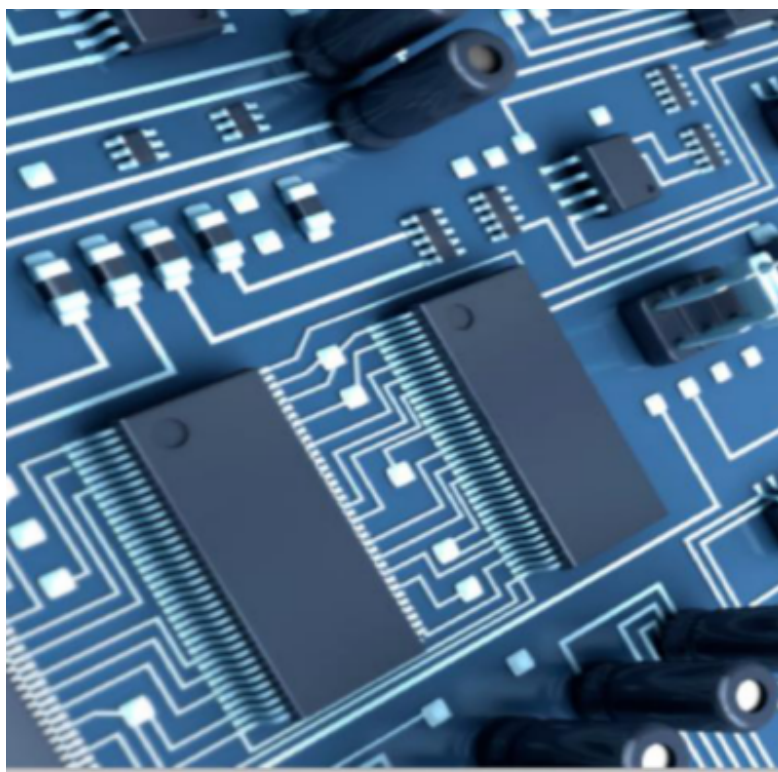


# ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Γιώργος Ντάκος

18 Ιανουαρίου 2021



## Δήλωση ομάδας

Όνομα:	Γιώργος
Επίθετο:	Ντάκος
A.M.:	1059569
Έτος:	4ο
Αριθμός Ατόμων ομάδας:	1
email:	giorgos-1001@hotmail.com
Τμήμα:	Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής

Πίνακας 1: Στοιχεία Φοιτητή

### Περίληψη

Στις μέρες μας όλο και πιο πολύ οι ψηφιακοί υπολογιστές έχουν καταλάβει μεγάλο μέρος της ζωής μας. Σε πολλές εφαρμογές το αντιλαμβάνεται και ένας απλός καθημερινός άνθρωπος που δεν έχει σχέση με τον τομέα των υπολογιστών(πχ. επιτραπέζιοι υπολογιστές, κινητά κτλ.). Βέβαια υπάρχει και μια αθέατη πλευρά των υπολογιστικών συστημάτων τα οποία ο άνθρωπος δεν αντιλαμβάνεται και δεν μπορεί να φανταστεί το που μπορούν εμπεριέχονται. Αυτή η κατηγορία είναι τα ενσωματωμένα συστήματα(ΕΣ) τα οποία έχουν μεγάλες και ζωτικής σημασίας διαφορές από έναν υπολογιστή γενικού σκοπού. Τέτοια συστήματα υπάρχουν στα αυτοκίνητα, οικιακές συσκευές, στρατιωτικές εφαρμογές, αεροηλεκτρονικά, κ.α. Εμείς σε αυτήν την εργασία θα ασχοληθούμε με την συσκευή **HUD**(Head-Up Display) όπου πρωτό-εμφανίστηκε σε μαχητικά αεροπλάνα αλλά τώρα διατίθεται και σε αυτοκίνητα . Πιο αναλυτικά για τις προδιαγραφές, την αρχιτεκτονική του υλικού και του λογισμικού θα μιλήσουμε στις επόμενες ενότητες που ακολουθούν.

## Περιεχόμενα

<b>1 Περιγραφή συσκευής HUD</b>	<b>6</b>
<b>2 Ανάγκες του HUD</b>	<b>7</b>
2.1 Φόρμα απαιτήσεων συσκευής HUD . . . . .	8
2.2 Λειτουργία και ανάγκες των αισθητήρων HUD . . . . .	10
<b>3 Προδιαγραφές Συσκευής HUD.</b>	<b>11</b>
<b>4 Αρχιτεκτονικές Υλικού και Λογισμικού</b>	<b>13</b>
4.1 Αρχιτεκτονική Λογισμικού . . . . .	13
4.1.1 Λογισμικό . . . . .	14
4.1.2 Προγράμματα . . . . .	15
4.2 Αρχιτεκτονική Υλικού . . . . .	16
4.2.1 Επεξεργαστής . . . . .	18
4.2.2 Μνήμη . . . . .	19
4.2.3 Διασυνδεση και Εισοδοι/Εξοδοι . . . . .	20
4.2.4 Εξωτερικοί Αισθητήρες . . . . .	22
4.3 Σχεδιασμός συνολικού Συστήματος . . . . .	22
4.4 Σχεδιασμός Υποσυστημάτων και συστατικών . . . . .	24
<b>5 Υλοποίηση υποσυστήματος Αισθητήρων</b>	<b>28</b>
5.1 Πειραματικές μετρήσεις . . . . .	31
<b>6 Pareto Ανάλυση Συνολικού Συστήματος</b>	<b>33</b>
<b>7 Προτάσεις Βελτιστοποίησης Συστήματος</b>	<b>34</b>

## Κατάλογος Πινάκων

1	Στοιχεία Φοιτητή . . . . .	2
2	Παράμετροι απαιτήσεων εξωτερικών αισθητήρων. . . . .	10
3	Στοιχεία Επεξεργαστή . . . . .	19
4	Στοιχεία Μνήμης SRAM . . . . .	20
5	Στοιχεία Μνήμης Flash . . . . .	20
6	Εκτιμώμενες τιμές από τους τύπους 1 & 2 . . . . .	32

## Κατάλογος Σχημάτων

1	Παράδειγμα λειτουργίας HUD . . . . .	6
2	Παράδειγμα μορφής της συσκευής. . . . .	8
3	Η μορφή των εξωτερικών αισθητήρων. . . . .	10
4	Διάγραμμα συσκευής HUD . . . . .	12
5	Αρχιτεκτονική λογισμικού . . . . .	13
6	Αρχιτεκτονική υλικού . . . . .	17

7	Σχεδιασμός ολικού συστήματος . . . . .	23
8	Υποσύστημα της MCU . . . . .	24
9	Υποσύστημα της Μονάδας ελέγχου ισχύς και μπαταρίας . . . . .	24
10	Υποσύστημα της OBD . . . . .	25
11	Υποσύστημα Περιφερειακών . . . . .	26
12	Υποσύστημα Bluetooth και GPS . . . . .	27
13	Υποσύστημα Αισθητήρων . . . . .	28
14	Συνολικό Υποσύστημα Αισθητήρων . . . . .	29
15	Πεδία Κβαντοποίησης . . . . .	30
16	Pareto Διάγραμμα . . . . .	33
17	Διασύνδεση μονάδας DMA . . . . .	34

## 1 Περιγραφή συσκευής HUD

Η συγκεκριμένη συσκευή **HUD** (Βλέπε εικόνα 1) θα είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τον οδηγό του αυτοκινήτου αφού θα του δίνει σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες για την θερμοκρασία και την πίεση των ελαστικών. Θα παρέχει επίσης αυτόματη προειδοποίηση και οθόνη για καλύτερη εξοικονόμηση καυσίμων, λιγότερη φθορά ελαστικών και αποφυγή τροχαίων ατυχημάτων αφού όλα τα δεδομένα θα αναπαρίστανται σε ένα διαφανές πλαίσιο οθόνης στο μπαρμπριζ του αυτοκινήτου όπου δεν θα αποσπά τον οδηγό από το περιβάλλον στο οποίο κινείται και θα έχει τον πλήρη έλεγχο του οχήματος από τα δεδομένα που θα του παρέχει η συσκευή. Επιπλέον θα τον ενημερώνει για την ταχύτητα του οχήματος, την ταχύτητα του κινητήρα, θερμοκρασία νερού, τάση, στιγμιαία και μέση κατανάλωση καυσίμου, μέτρηση των διανυθέντων χιλιομέτρων, συναγερμό χαμηλής τάσης και σφάλματος κινητήρα και εύκολη εναλλαγή μεταξύ χιλιομέτρου και μιλίου. Τέλος θα μπορείτε να συνδέσετε το smartphone σας όπου θα σας παρέχει το σύστημα πλοήγησης για τον προορισμό σας το οποίο θα φαίνεται στην οθόνη έτσι θα μπορείτε να οδηγείτε με ακόμη περισσότερη ασφάλεια.



Σχήμα 1: Παράδειγμα λειτουργίας HUD

## 2 Ανάγκες του HUD

Η συσκευή **HUD** θα λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο οπότε θα πρέπει να ικανοποιεί κάποιες ανάγκες ως προς την λειτουργία του, την αποδοσή και άλλες τις οποίες πρέπει να γνωρίζει ο χρήστης. Παρακάτω αναφέρουμε τις ανάγκες της συσκευής που πρέπει να ικανοποιεί:

- **Λειτουργικότητα Συσκευής:** Για χρήση σε αυτοκίνητο και σύνδεση σύστημα πλοήγησης απο το κινητό.Δείχνει σημαντικά δεδομένα της μηχανής και των ελαστικών του αυτοκινήτου.Επιπλέον μέσω του κινητού εμφανίζει και την πορεία για τον προορισμό που έχετε επιλέξει.
- **Αλληλεπίδραση με χρήστη:** Οθόνη τουλάχιστον 6 ιντσών.Επιπλέον ενα διάφανο πλαίσιο τουλάχιστον 6 ιντσών όπου θα αντανακλώνται τα δεδομένα της κύριας οθόνης.Το πολύ 3 Κουμπιά για εύκολη περιήγηση στο μενού και 1 κουμπί εκκίνησης.
- **Απόδοση:**Τα δεδομένα του κινητήρα και των ελαστικών θα πρέπει να εμφανίζονται ομαλά. Η εκκίνηση της εφαρμογής να μην είναι περισσότερη απο 5 δευτερόλεπτα. Οι ήχοι συναγερμού να είναι ικανοποιητικοί και όχι δυνατά απότομοι ώστε να τους αντιλαμβάνετε ο οδηγός άμεσα χωρίς να πανικοβληθεί.Τέλος σε περίπτωση αδράνειας του αυτοκινήτου άνω των 5 λεπτών το σύστημα μπαίνει σε λειτουργία αδράνειας.
- **Κόστος:** Η τιμή εμπορίου θα είναι περίπου στα 200 ευρώ δηλαδή περίπου 50-60 ευρώ για τα απαιτούμενα υλικά.
- **Φυσικό μέγεθος:**Η συσκευή θα πρέπει να χωράει στο ταμπλό του αυτοκινήτου πάνω απο τα όργανα.
- **Κατανάλωση ενέργειας:**Η τάση συσκευής θα κυμαίνεται περίπου στα 9-16V DC με ένταση 400mA



Σχήμα 2: Παράδειγμα μορφής της συσκευής.

## 2.1 Φόρμα απαιτήσεων συσκευής HUD

- **Όνομα:** Συσκευή Head-UP Display(HUD) με bluetooth.
- **Σκοπός:** Σύστημα εμφάνισης δεδομένων του κινητήρα των ελαστικών και πορεία προορισμού για χρήση κατά την διάρκεια της οδήγησης.
- **Εισόδοι:** Ένα πλήκτρο ενεργοποίησης, ένα πλήκτρο μενού/επιλογής, 2 πλήκτρα περιήγησης στο μενού, 1 δέκτης bluetooth, μια θύρα usb για σύνδεση με τα ηλεκτρονικά του αυτοκινήτου και 4 δέκτες εξωτερικών αισθητήρων.
- **Εξόδοι:** Οθόνη τουλάχιστον 6 ιντσών και ανάλυσης 1080x1920 pixels. Επιπλέον έχει έναν πομπό bluetooth.
- **Λειτουργίες:** Χρησιμοποιεί το σύστημα εγκεφάλου του αυτοκινήτου για την παροχή δεδομένων για το αυτοκίνητο. Επιπλέον παρέχει δεδομένα και από τους 4 εξωτερικούς αισθητήρες για την κατάσταση των ελαστικών. Δείχνει πάντα την ταχύτητα του αυτοκινήτου και του κινητήρα, μέση και στιγμιαία τιμή κατανάλωσης, θερμοκρασία νερού, μέτρηση διανυθέντων χιλιομέτρων. Επιπλέον παρέχει σήματα βλάβης ή κινδύνου τα οποία εμφανίζονται μετά από βλάβη στον κινητήρα, στην υπερβολική αύξηση θερμοκρασίας κινητήρα, χαμηλή στάθμη καυσίμων και βλάβης στα φρένα ή σηκωμένου χειρόφρενου. Επιπλέον μετά από πολύωρη χρήση του αυτοκινήτου εμφανίζεται σήμα που ειδοποιεί τον οδηγό για υπερκόπωση ώστε να πραγματοποιήσει στάση. Τέλος ειδοποιεί τον οδηγό για την αλλαγή ταχύτητας για μεγαλύτερη εξοικονόμηση καυσίμου.
- **Εναλλαγή Km/miles:** Εύκολη εναλλαγή μεταξύ ένδειξης χιλιομέτρων και μιλίων ανάλογα με τις ανάγκες του οδηγού.



- **Ρύθμιση φωτεινότητας:** Η φωτεινότητα της οθόνης προσαρμόζεται αυτόματα η χειροκίνητα ανάλογα με τις απαιτήσεις του οδηγού.
  - **Λειτουργία συναγερμού:** Το σύστημα ειδοποιεί τον οδηγό μέσω ηχητικού μηνύματος για υπερβολική ταχύτητα. Το επίπεδο του ήχου συναγερμού είναι τουλάχιστον 30dB.
  - **Bluetooth λειτουργία:** Υποστηρίζει τη σύζευξη με σμαρτπhone μέσω Bluetooth για τηγ εμφάνιση πορείας προορισμού.
  - **Απόδοση:** Η Οθόνη θα ενημερώνεται καθε 0,1s κατά την διάρκεια της κίνησης του οχήματος.
  - **Κόστος Κατασκευής:** 60 ευρώ.
  - **Τάση:** 12V DC.
  - **Ένταση:** 400mA .
  - **Βάρος:** 150gr .
  - **Διαστάσεις:** Μήκος(16.3)xΠλάτος(9.2)xΎψος(1.3) cm .
-

## 2.2 Λειτουργία και ανάγκες των αισθητήρων HUD

Μαζί με την συσκευή θα παρέχονται στον οδηγό και 4 εξωτερικοί αισθητήρες οι οποίοι θα τοποθετούνται στην βαλβίδα του κάθε ελαστικού. Πάνω σε κάθε αισθητήρα θα αναγράφεται σε ποιο ελαστικό θα πρέπει να τοποθετηθεί ο κάθε αισθητήρας (Βλέπε εικόνα 3). Παρακάτω παραθέτουμε τον πίνακα με τις απαιτήσεις των συγκεκριμένων αισθητήρων:

<b>Τάση λειτουργίας:</b>	2.1-3.6V.
<b>Θερμοκρασία λειτουργίας:</b>	-40C έως 125C.
<b>Πίεση λειτουργίας:</b>	0-8.0Bar(0-116 PSI).
<b>Ισχύς Μετάδοσης:</b>	Μικρότερη απο 5dBm.
<b>Συχνότητα Μετάδοσης:</b>	433,92MHz.
<b>Διάσταση:</b>	Τουλάχιστον 23mm διάμετρος-17mm ύψος.
<b>Βάρος:</b>	8,0gr η κάθε μία.

Πίνακας 2: Παράμετροι απαιτήσεων εξωτερικών αισθητήρων.

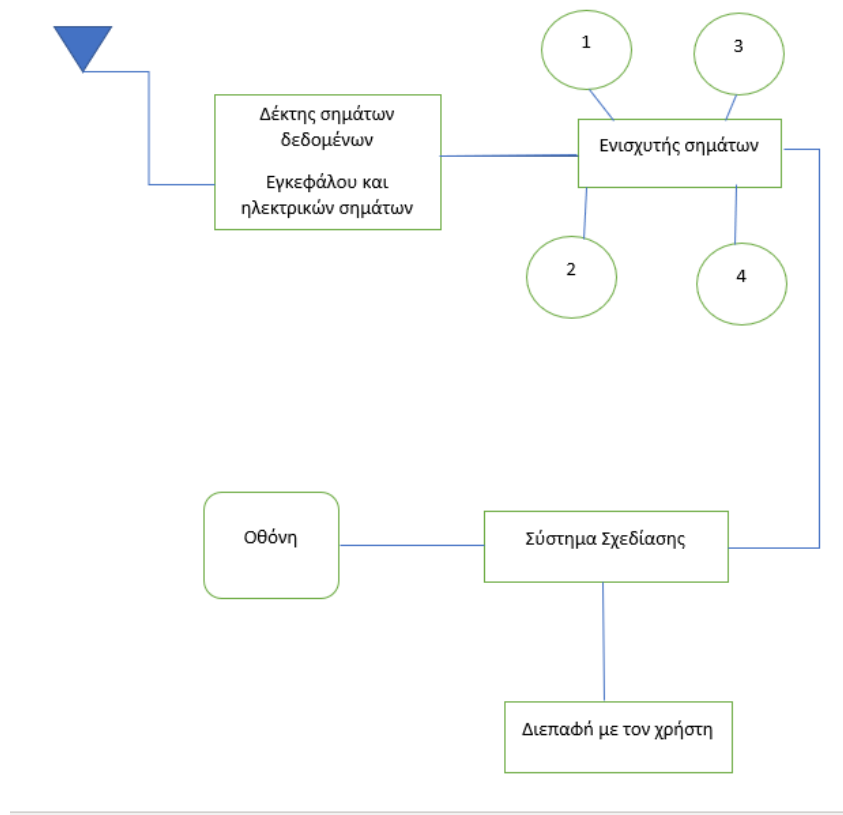


Σχήμα 3: Η μορφή των εξωτερικών αισθητήρων.

### 3 Προδιαγραφές Συσκευής HUD.

Η συσκευή HUD θα πρέπει να δέχεται δεδομένα απο τον εγκέφαλο του αυτοκινήτου και τα υπόλοιπα ηλεκτρονικά του συστήματα άμεσα και χωρίς σφάλματα. Επίσης θα πρέπει να δέχεται και δεδομένα από τους 4 εξωτερικούς αισθητήρες που τοποθετούνται στα ελαστικά. Επιπλέον θα πρέπει να παρέχει ένα εύκολο και εύχρηστο περιβάλλον ως προς τον χρήστη έτσι ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιήσει την συσκευή στις απαιτήσεις που θέλει ο οδηγός. Επίσης θα δέχεται και δεδομένα από το smartphone του οδηγού για την πορεία του προορισμού του εφόσον το κινητό έχει σύζευξη με την συσκευή μέσω του bluetooth .Τέλος τα σήματα κινδύνου ή βλάβης θα πρέπει να αντιστοιχούν με αυτά του **Κ.Ο.Κ.** έτσι ώστε ο οδηγός να αντιληφθεί γρήγορα την σημασία του κάθε σήματος.

- 1: Δέκτης σημάτων αριστερής πίσω ρόδας.  
2: Δέκτης σημάτων δεξιάς πίσω ρόδας.  
3: Δέκτης σημάτων αριστερής μπροστινής ρόδας.  
4: Δέκτης σημάτων δεξιάς μπροστινής ρόδας.



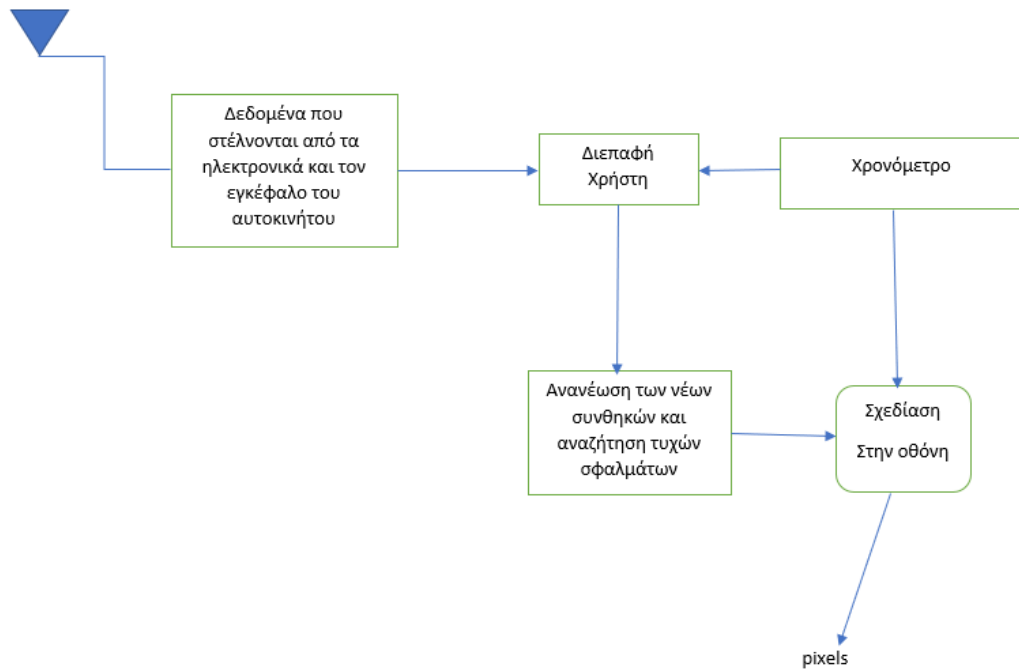
Σχήμα 4: Διάγραμμα συσκευής HUD

## 4 Αρχιτεκτονικές Υλικού και Λογισμικού

Για να δουλέψει σωστά η συσκευή τόσο το λογισμικό όσο και το υλικό της συσκευής θα πρέπει να τειρούν τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις, δηλαδή θα πρέπει και οι δύο αυτές αρχιτεκτονικές να είναι αποδοτικές και να συνεργάζονται ομαλά μεταξύ τους. Στο συγκεκριμένο εδάφιο θα προσπαθήσουμε να κάνουμε μια προσέγγιση αυτών των δύο αρχιτεκτονικών.

### 4.1 Αρχιτεκτονική Λογισμικού

Το λογισμικό θα πρέπει να δέχεται τα δεδομένα που στέλνονται απο τα ηλεκτρονικά του αυτοκινήτου και να τα στέλνει σε μια διεπαφή χρήστη όπου θα τα προσαρμόσει έτσι ώστε να είναι κατανοητά για τον οδηγό. Στην συνέχεια μέσω του λογισμικού ανανεώνουμε τις νέες συνθήκες που πήραμε απο την διεπαφή και τις προσαρμόζουμε στην οθόνη του οδηγού όπως εμείς έχουμε προγραμματίσει και στο τέλος παίρνουμε την έξοδο (Βλέπε εικόνα 5). Επίσης χρησιμοποιούμε έναν χρονομετρητή για τον χρόνο που θα πάρει η διεπαφή χρήστη και η σχεδίαση στην οθόνη για να δούμε την απόδοση και την απόκριση του λογισμικού μας.



Σχήμα 5: Αρχιτεκτονική λογισμικού

#### 4.1.1 Λογισμικό

Τα λογισμικά των ενσωματεμένων συστημάτων διαφέρουν αρκετά από αυτά ενός υπολογιστή γενικού σκοπού. Πρώτα πόλλα το δικό μας λογισμικό θα πρέπει να λειτουργεί σε πραγματικού χρόνου περιθώρια διότι κάποια καθυστέρηση μπορεί να απέβη μοιραίο για τον χρήστη και το σύστημα. Επίσης θα κάνει πολύ συγκεκριμένες λειτουργίες οι οποίες θα είναι οι πλέον απαραίτητες για το σύστημα μας. Συγκεκριμένα το λογισμικό θα είναι αυτό το οποίο θα μου διαμορφώνει το γραφικό περιβάλλον που χειρίζεται ο χρήστης. Το γραφικό περιβάλλον θα περιέχει πολλές δυνατότητες για τον χρήστη. Στην άρχη το σύστημα καλωσορίζει τον χρήστη και του δίνει την επιλογή να επιλέξει ανάμεσα σε 2 είδη γλωσσών αναπαραστάσεις των κειμένων είτε αγγλικά ή ελληνικά απλά πιέζοντας το σωστό κουμπί πλοήγησης κάθε φορά. Έπειτα πατώντας το κουμπί μενού μεταφέρεται σε ένα διαφορετικό μενού 3 πλασιών όπου επιλέγει είτε τα όργανα του αυτοκινήτου όπου εκεί θα εμφανίζονται όλες οι μετρήσεις και οι λειτουργίες που θέλουμε να κάνει το σύστημα, είτε το μενού ρυθμίσεων ή αλλιώς επιλέγει την έξοδο και το μηχανήμα μπαίνει σε κατάσταση αναμονής(μέχρι να πατηθεί ξανά το κουμπί μενού ώστε να μπει ξανά στο μενού καλωσορίσματος ή να πιέσουμε το κουμπί έναρξης όπου θα μου τερματίσει το σύστημα). Απο την άλλη αν επιλέξουμε το μενού ρυθμίσεων θα μας βγάλει μια μεγάλη ποικιλία επιλογών ρυθμίσεων. Ο οδηγός μπορεί να αλλάξει την φωτεινότητα χειροκίνητα με την χρήση των left/rightβυττονς και να επιλέξει την τιμή που θέλει πιέζοντας το menu buttonέτσι ώστε να γίνει αποθήκευση της τιμής και να πάμε ενα επίπεδο πίσω στο μενού ρυθμίσεων. Βέβαια η ρύθμιση φωτεινότητας μπορεί να γίνει και αυτόματα μέσω κάποιου προγράμματος που θα αναφέρουμε στην υποενότητα Προγράμματα. Στο μενού των ρυθμίσεων μπορούμε να επιλέξουμε αν θέλουμε να δούμε μόνο μερικές λειτουργίες και όχι όλες ανάλογα με τις ανάγκες του οδηγού.Αυτό γίνεται πολύ απλά επιλέγοντας την κάθε λειτουργία ξεχωριστά και ανάλογα με τις προτιμήσεις του οδηγού μπορεί να την ενεργοποιήσει ή να την απενεργοποιήσει εμφανίζοντας του κάθε φορά το κατάλληλο μήνυμα για την ενέργεια που επέλεξε. Για παράδειγμα ο οδηγός μπορεί να θέλει να απενεργοποιήσει το ηχητικό μήνυμα πολύωρης οδήγησης με τα κουμπια πλοήγησης και πιέζοντας πάλι το menu button για την αποθήκευση της προτιμήσής του. Ο οδηγός μπορεί να ρυθμίσει επίσης και την ένταση των ηχητικών προειδοποιήσεων βέβαια δεν μπορεί να τις απενεργοποιήσει ή να μηδενίσει την ένταση του ήχου και αυτό γιατί μπορεί να προβεί μοιραίο. Επίσης μπορεί να ενεργοποιήσει το bluetooth και να συνδέσει το κινητό του. Βέβαια για να γίνει αυτό το σύστημα θα στείλει ένα πλαίσιο με εισαγωγή κωδικού στο κινητό του οδηγού για να μπορέσει να συνδεθεί με την συσκευή. Αυτό γίνεται για λόγους ασφαλείας και για την αποφυγή σύνδεσης ανεπιθύμητων συσκευών. Επίσης η συσκευή του κινητού την επόμενη φορά που θα συνδεθεί με bluetooth με το σύστημα δεν χρειάζεται η εισαγωγή του κωδικού αφού αποθηκεύει την ιδ για την σύνδεση τους και του επιτρέπει την απευθείας σύνδεση.Αυτό γίνεται μέσω προγράμματος που θα αναφέρουμε στην συνέχεια. Τέλος το λογισμικό θα είναι αυτό που θα μου παρέχει και θα κατανέμει σωστά τους υπολογιστικούς πόρους σε κάθε πρόγραμμα σε πραγματικό χρόνο για καλύτερη απόδοση του συστήματος.

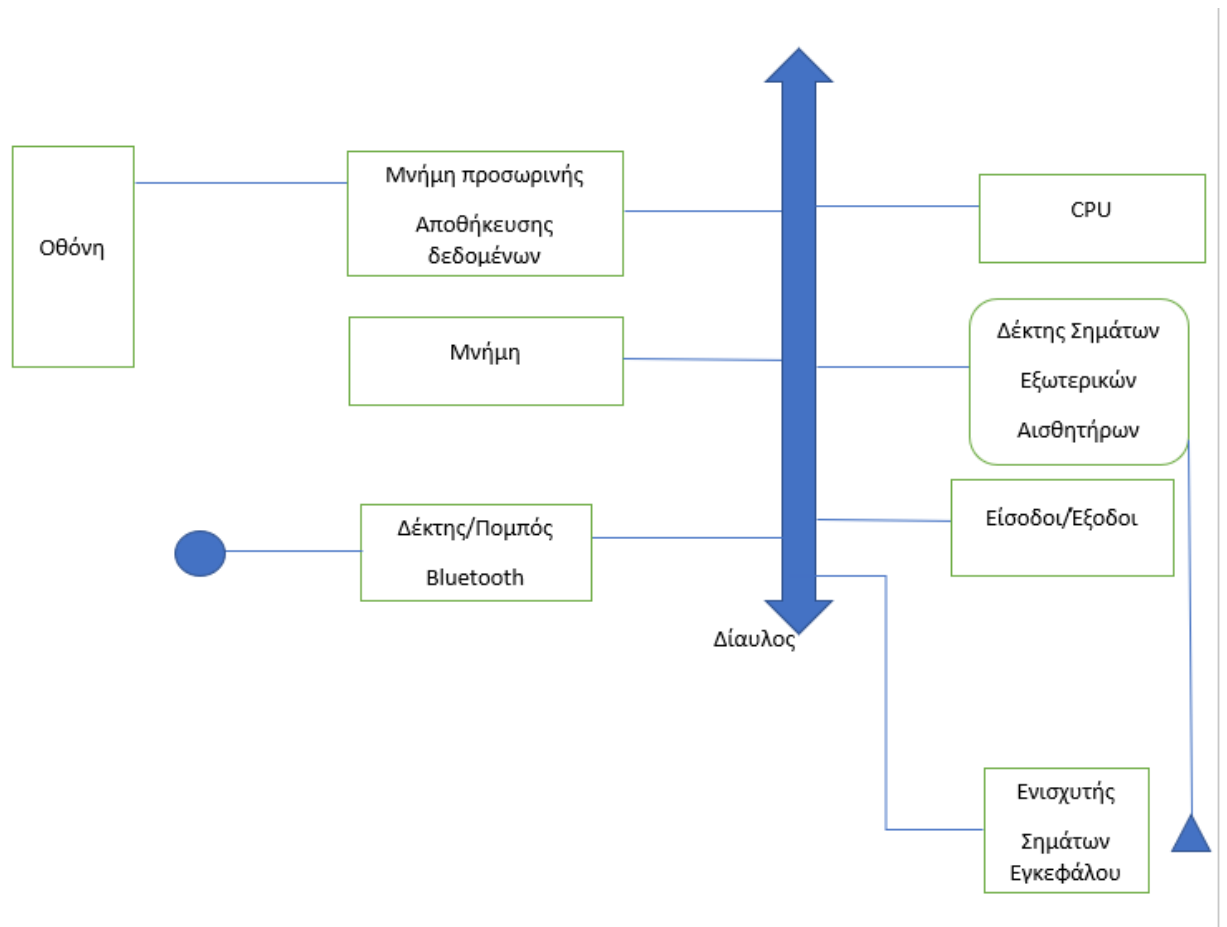
#### 4.1.2 Προγράμματα

Τα προγράμματα είναι πολύ χρήσιμα για ένα ενσωματωμένα σύστημα αφού θα είναι αυτά που θα πέρνουν ως μεταβλητές τα δεδομένα που επεξεργάζεται ο επεξεργαστής και με διάφορες λογικές και αριθμητικές πράξεις θα μου ανανεώνουν την οθόνη με τα σωστά δεδομένα, θα μου τυπώνουν τα σωστά μηνύματα και γενικά θα κάνουν το υλικό να δουλέψει όπως πρέπει. Τα προγράμματα μπορούν να γραφτούν είτε σε απλή C ή σε γλώσσα μηχανής για τις λειτουργίες που θέλουμε να εξασφαλίσουμε αφού δεν είναι και πολύ περίπλοκες. Θα τρέχουν διάφορα μικρά προγράμματα το καθένα μέσα σε έναν αέναο βρόγχο. Πρώτα πόλλα θα έχουμε προγράμματα τα οποία θα δέχονται τα δεδομένα του αυτοκινήτου για τις διάφορες μετρήσεις και με διάφορες συγκρίσεις κάθε φορά μέσα σε πραγματικό χρόνο θα ενημερώνει τον οδηγό για την ταχύτητα, την θερμοκρασία και ότι άλλο έχουμε αναφέρει. Ανάλογα με την τιμή των διάφορων δεδομένων σε κάθε διαφορετικό πρόγραμμα που έχουμε σε μια συγκεκριμένη τιμή μπορεί να ικανοποιείται κάποια συνθήκη του προγράμματος η οποία θα μας εξασφαλίσει κάποια προειδοποίηση ή ενημέρωση στην οθόνη μας ή μπορεί και να μας ειδοποιήσει και με κάποιο ηχητικό μήνυμα. Για παράδειγμα εάν ο οδηγός τρέχει με 200 km/h και εμείς έχουμε βάλει όριο για προειδοποίηση τα 180 km/h το πρόγραμμα με το που ενημερωθεί ότι τρέχουμε με 200 km/h (αυτό θα γίνεται σε μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου) θα μπει σε μια συνθήκη η οποία θα είναι υπεύθυνη για την ενέργεια που θα συμβεί στο επόμενο χρονικό διάστημα. Τέλος θα έχουμε προγράμματα τα οποία θα δέχονται τις τιμές από το μενού που θα αλλάζει ο χρήστης και θα τις προσαρμόζουν στο σύστημα μας. Όλα τα προγράμματα και το λογισμικό θα είναι αποθηκευμένα στην μνήμη FLASH αφού δεν θέλουμε να χαθεί κάποιο από αυτά κατά την απενεργοποίηση του συστήματος.

## 4.2 Αρχιτεκτονική Υλικού

Το υλικό θα πρέπει να κρατάει τα προσωρινά δεδομένα έτσι ώστε να μπορέσει να ενημερώσει την οθόνη για τον λόγο αυτό θα χρειαστούμε σίγουρα μνήμη προσωρινής αποθήκευσης αλλά και μνήμη όπου θα είναι αποθηκευμένο το λογισμικό μας και άλλα δεδομένα που είναι απαραίτητα τα οποία προφανώς δεν θέλουμε να χαθούν μετά απο την απενεργοποίηση της συσκευής.Επιπλέον θα έχουμε δέκτες για τους εξωτερικούς αισθητήρες αλλά και δέκτη/πομπό bluetooth για την παραλαβή δεδομένων μέσω του smartphone .Επίσης τα δεδομένα που λαμβάνει η συσκευή μας θα πρέπει να επεξεργάζονται και να στέλνονται στις αντίστοιχες μνήμες για αυτό και θα χρειαστούμε μια μονάδα κεντρικής επεξεργασίας όπου στην ουσία είναι η καρδιά του συστήματός μας(Βλέπε εικόνα 6).Στην συνέχεια θα χρειαστούμε εισόδους και εξόδους για καλύτερη διαχείριση της συσκευής και παροχής ρεύματος και άλλων λειτουργιών.Τέλος θα χρειαστούμε έναν ενισχυτή σημάτων ο οποίος θα μου ενισχύει τα εξασθενημένα σήματα.Όλα αυτά θα συνδέονται μέσω ενός διαύλου.





Σχήμα 6: Αρχιτεκτονική υλικού

#### 4.2.1 Επεξεργαστής

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η καρδιά του συστήματος μας θα είναι ο επεξεργαστής. Από αυτόν εξαρτώνται σχεδόν όλες οι λειτουργίες οπότε θα πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί και ακριβείς στην υλοποίησή του. Πρώτα πόλλα η συσκευή μας θα πρέπει να ανταποκρίνεται γρήγορα στις διάφορες αλλαγές των τιμών και να στέλνει άμεσα τα κατάλληλα ερεθίσματα στις σωστές εξόδους. Από την άλλη βέβαια το σύστημα του επεξεργαστή θα είναι απλό αφού το μόνο που έχει να κάνει είναι να δέχεται δεδομένα και να στέλνει το κατάλληλο σήμα κάθε φορά στην σωστή έξοδο χωρίς να πρέπει να κάνει πολύπλοκες επεξεργαστικές ενέργειες αφού κυρίως θα ενημερώνει την οθόνη με τα καινούργια δεδομένα που πήρε και θα συγκρίνει τα όρια των τιμών μέσω προγράμματος με τις τωρινές τιμές των δεδομένων και ανάλογα θα στέλνει το κατάλληλο σήμα προειδοποίησης. Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω και τις απαιτήσεις της συσκευής θα χρειαστούμε έναν επεξεργαστή της κατηγορίας των μικροελεγκτών των 32-bit. Ο λόγος που διαλέγουμε ο επεξεργαστής μας να είναι μικροελεγκτής είναι διότι οι λειτουργίες που έχει να πραγματοποιήσει είναι απλές, έχει χαμηλό κόστος, ένας αριθμός ενσωματωμένων λειτουργικών μονάδων περιέχεται στο ίδιο υπόστρωμα πυριτίου με τον επεξεργαστή μας, οι οποίες μας παρέχουν δυνατότητες μέτρησης χρόνου, μέτρηση συμβάντων, υποστήριξη επικοινωνίας και υποστήριξη καλύτερης αξιοπιστίας. Επίσης πάνω στο ίδιο chip θα μπορεί να περιέχεται κάποια επαναπρογραμματιζόμενη μνήμη που θα φέρει το αποθηκευμένο πρόγραμμα. Επιπλέον θα έχει άμεση πρόσβαση σε ακροδέκτες για ψηφιακή και αναλογική επεξεργασία ή να οδηγήσει ρεύματα ή transistor ενίσχυσης ρεύματος. Τέλος η ολοκλήρωση όλων αυτών των υπομονάδων στο ίδιο chip μας δίνει την δυνατότητα να λειτουργήσει το σύστημα μας με ελάχιστες εξωτερικές απαιτήσεις και έτσι μπορεί να τοποθετηθεί εύκολα σε ΕΣ με μικρό μέγεθος και με χαμηλή απαίτηση ενέργειας. Ο μικροελεγκτής αυτός θα χρονίζεται στα 100 MHz ώστε να μας παρέχει όσο πιο γρήγορα γίνεται τα δεδομένα μας με την χαμηλότερη κατανάλωση. Επιπλέον θα μας παρέχει 8 κανάλια 16-bit για A/D όπου θα χρειαστούν για τους διάφορους αισθητήρες και άλλων συσκευών. Επίσης θα έχουμε 2 timers των 16-bit 2 8-bit για την μέτρηση χρόνου όπου χρειάζεται (Πιθανόν να μειωθούν οι timers που θα περιέχονται στο σύστημα.). Τέλος θα περιέχει 8 σήματα διακοπών σε περίπτωση που έχουμε κάποια υπερχείλιση των χρονιστών, σφάλματα μετάδοσης δεδομένων από κάποια θύρα, διακοπές λογισμικού ή και επαναφορά του συστήματος. Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας με τις απαιτήσεις του επεξεργαστή μας:

<b>FLASH(KB)</b>	512
<b>SRAM(KB)</b>	64
<b>MAX I/O PIN</b>	80
<b>VCC</b>	2.7-5.5 V
<b>16-bit A/D CHANNELS</b>	8
<b>16-bit TIMER</b>	2
<b>8-bit TIMER</b>	2
<b>EXT INTERRUPTS</b>	8
<b>MAX FREQ.(MHz)</b>	100
<b>TEMPERATURE</b>	-40 C - 140 C

Πίνακας 3: Στοιχεία Επεξεργαστή

#### 4.2.2 Μνήμη

Το επόμενο πιο χρήσιμο πράγμα στο ενσωματωμένο σύστημα μας είναι η μνήμη. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 6 θα χρειαστούμε σίγουρα 2 είδη μνημών, μια προσωρινής αποθήκευσης και μια μνήμη για την αποθήκευση των προγραμμάτων μου και του λογισμικού του συστήματος. Και τα δύο είδη μνημών θα βρίσκονται μέσα στο ίδιο ολοκληρωμένο κυκλώμα με τον επεξεργαστή και αυτό διότι θα έχουμε πιο γρήγορες εγγραφές και αναγνώσεις και το κόστος κατασκευής του δεν θα ξεπεράσει τα όρια των προδιαγραφών. Η προσωρινή μνήμη μπορεί να είναι 2 τύπων είτε δυναμική (γνωστές και ως DRAM ) ή στατική (γνωστές και ως SRAM ), η κάθε μία έχει τα δικά της θετικά. Παρόλου που οι DRAM είναι πιο φθηνές από τις SRAM και μας παρέχουν μεγάλη χωρητικότητα δεν θα τις προτιμήσουμε διότι πρώτα πολλά η μνήμη θα είναι στο ίδιο ολοκληρωμένο με τον επεξεργαστή οπότε θα προτιμήσουμε να είναι SRAM για μεγαλύτερες ταχύτητες αλλά και επειδή δεν θέλουμε να έχει μεγάλη χωρητικότητα η μνήμη μας διότι θα γράφονται τα δεδομένα κυρίως μετρήσεις και μετά θα στέλνονται στην οθόνη μας δεν χρειάζεται να έχουμε κάποια τεράστια χωρητικότητα αλλά μεγάλη ταχύτητα αφού όπως είπαμε θέλουμε η συσκευή μας να ενημερώνει τον οδηγό σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα διότι κάποια καθυστέρηση μπορεί να είναι καταστροφική με συνέπεια να συμβεί κάποιο ατύχημα. Οπότε θα έχουμε μια μνήμη SRAM χωρητικότητας 64KB (ίσως μειωθεί στην πορεία και πέσει στα 32 KB ). Τώρα για την μνήμη όπου θα αποθηκευτούν τα προγράμμά μας και το λογισμικό έχουμε διάφορες επιλογές από ROM, EPROM, EEPROM, FLASH κ.α. Στο δικό μας κύκλωμα θα προτιμήσουμε μνήμη τύπου FLASH . Η μνήμη FLASH θα είναι τύπου NAND και όχι NOR διότι οι μνήμες R έχουν πιο αργές εγγραφές, πιο ακριβές και οι δυνατοτητές που έχουν δεν θα εκμεταλευτούν σωστά και με τον τρόπο που θέλουμε. Γι'αυτό τον λόγο θα χρησιμοποιήσουμε μνήμη NAND FLASH με χωρητικότητα 512 KB που θα είναι αρκετή τόσο για τα προγράμμά μας και για το λογισμικό που θα αποθηκεύσουμε σε αυτήν. Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας με τις απαιτήσεις των μνημών μας:

<b>MEMORY TYPE</b>	SRAM
<b>CAPACITY</b>	64
<b>SPEED OF READING(MB/S)</b>	90
<b>SPEED OF WRITTING(MB/S)</b>	70

Πίνακας 4: Στοιχεία Μνήμης SRAM

<b>MEMORY TYPE</b>	FLASH(NAND)
<b>CAPACITY</b>	512
<b>SPEED OF READING(MB/S)</b>	75

Πίνακας 5: Στοιχεία Μνήμης Flash

#### 4.2.3 Διασυνδεση και Εισοδοι/Εξοδοι

Το τελευταίο κομμάτι και καθόλου ασήμαντο είναι οι εισόδοι/εξόδοι του συστήματος μας και η διασύνδεση με την οποία θα συνδέσουμε όλα αυτά μεταξύ τους και στο ολοκληρωμένο κύκλωμα μας. Πρώτα πόλλα όπως είχαμε αναφέρει και στις προδιαγραφές του συστήματος θα χρειαστούμε 1 πλήκτρο ενεργοποίησης του συστήματος μας. Ο πιο κατάλληλος τύπος για τον διακόπτη αυτό θα είναι τύπου έλξης-πίεσης όπου το φορτίο επαφής που θα έχει θα είναι στα 12 V DC ,ο τρόπος μεταγωγής θα είναι τύπου OFF-ON και το πάχος της πρόσοψης δεν θα ξεπερνάει τα 6mm. Τα υπόλοιπα 3 πλήκτρα θα είναι τύπου πληκτρολογίου και ο λόγος είναι ότι θα είναι πιο ευέλικτα. Τα πλήκτρα αυτά θα με βοηθήσουν στο να μπορώ να ανοίγω το μενού του συστήματος, να επιλέγω κατηγορίες και γενικά να γίνει εύκολη η περιήγηση στο μενού του συστήματος. Το σύστημα μου θα πρέπει να μου παράγει ήχο οπότε θα υπάρχει και ένα ηχείο το οποίο θα μου παράγει το κατάλληλο μήνυμα προειδοποίησης το οποίο θα συνδέεται σε έναν DAC του συστήματος μου. Ο ήχος που θα παράγει το ηχείο θα πρέπει είναι τουλάχιστον 30db οπότε θα χρησιμοποιήσουμε ηχείο με επίπεδα έντασης στα 80 με 100db , και με μέγιστη ισχύς περίπου στα 400 mW . Επίσης το σήμα το ήχου θα περνάει πρώτα από έναν ενισχυτή και μετά από ψηφιακό σήμα θα μετατρέπεται σε αναλογικό. Η συσκευή επίσης θα μου διαθέτει bluetooth το οποίο θα επιτρέπει την σύνδεση με το smartphone του χρήστη και θα με ενημερώνει με το κατάλληλο μήνυμα για την σύνδεση. Το Bluetooth θα είναι της έκδοσης 4.1 έτσι ώστε η συσκευή να είναι και διανομέας και πελάτης επιτρέποντας τις συσκευές bluetooth να επικοινωνούν μεταξύ τους.Το bluetooth θα λειτουργεί στο φάσμα συχνοτήτων των 2400 MHz και θα έχει κρυπτογράφηση την ώρα της συνδεσμολογίας με κάποια άλλη συσκευή για να έχουμε περισσότερη ασφάλεια και να αποφύγουμε άλλες συσκευές να συνδεθούν χωρίς την έγκρισή μας. Το σύστημα θα συνδέεται στο όχημα του χρήστη πολύ εύκολα μέσω της θύρας OBD όπου θα συνδέεται στην διεπαφή OBD του οχήματος καθιστώντας το σύστημα μας να είναι έτοιμο για χρήση μέσω της μεθόδου PIUG AND PLAY. Για να πετύχει αυτό και να μεταφέρονται σωστά τα δεδομένα του αυτοκινήτου στον επεξεργαστή θα πρέπει να του παρέχουμε έναν μεταφορέα τύπου CAN ο οποίος θα μου επιτρέψει την σύνδεση και μεταφορά δεδομένων από

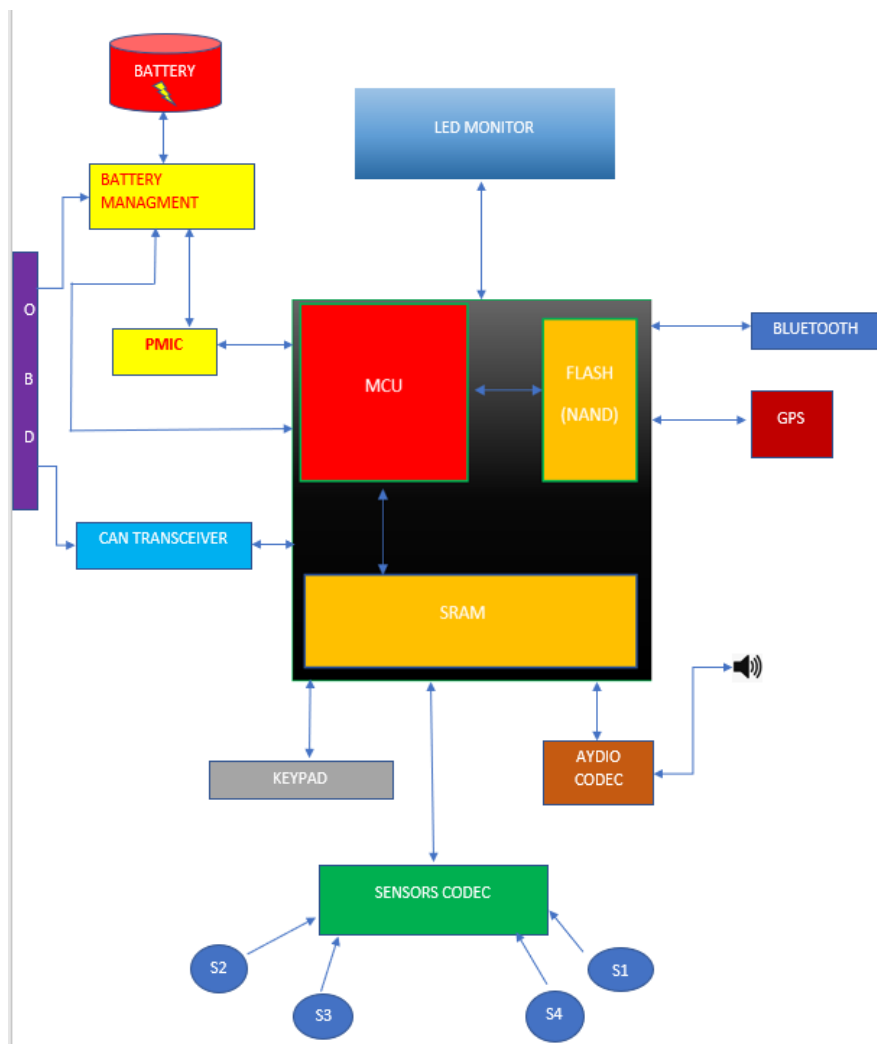
τον κύριο σύστημα CAN που περιέχει το όχημα. Επιπλέον θα περιέχει ολοκληρωμένο κύκλωμα διαχείρισης ισχύος (γνωστό ως PMIC) όπου θα περιλαμβάνει την διαχείριση της μπαταρίας, την ρύθμιση τάσης, και λειτουργίες φόρτισης. Το προηγούμενο κύκλωμα θα επικοινωνεί με ένα κύκλωμα που θα είναι αποκλειστικά για την διαχείριση της μπαταρίας και αυτό με την σειρά του θα συνδεεται με την μπαταρία και την OD διεπαφή. Το κύκλωμα διαχείρισης της μπαταρίας θα επικοινωνεί και το ολοκληρωμένο σύστημα του επεξεργαστή μου μέσω usb επαφής. Τώρα όσον αφορά την εμφάνιση της διαδρομής GPS μέσω του κινητού θα χρειαστούμε και μια μονάδα GPS η οποία με την βοήθεια του κινητού που θα συνδεεται μέσω bluetooth θα περνάει τα δεδομένα αυτά στην μονάδα GPS και από εκεί με την σειρά της θα στέλνονται στον επεξεργαστή για επεξεργασία και αποστολή στην οθόνη. Τέλος όσον αφορά τις εισόδους/εξόδους θα χρειαστούμε μια οθόνη LED για να εξασφαλίσουμε αρκετά καλό φωτισμό με ανάλυση 1080x1920 όπου θα έχει την δυνατότητα RGB ώστε τα δεδομένα να αναπαριστώνται με διάφορα χρώματα και έτσι θα είναι πιο φιλικό προς τον χρήστη. Τώρα για να συνδέσουμε όλα αυτά τα περιφερειακά με την κεντρική πλακέτα αλλά και μεταξύ τους θα χρειαστούμε διάφοροι τύποι διαύλων. Συσκευές όπως bluetooth, gps module και ο κωδικοποιητής ήχου θα συνδέονται μέσω σειριακών διαύλων δηλαδή τύπου USB. Η επικοινωνία με τα υπόλοιπα εξαρτήματα του αυτοκινήτου θα γίνεται μέσω της θύρας OBD όπως είπαμε από εκεί θα συνδεεται με την κεντρική πλακέτα και το μεταφορέα CAN με καλώδια τύπου CAN τα οποία είναι τα πλέον πιο κατάλληλα για την επικοινωνία πολλών ενσωματωμένων συστημάτων και μεταφορά πολλών δεδομένων μεταξύ τους σε πολύ μικρούς χρόνους. Τα υπόλοιπα περιφερειακά θα συνδέονται με διαύλους τύπου PCIe και USB όπου θα φαίνονται στα σχήματα σχεδίασης του συστήματος. Προτιμούμε αυτά τα δύο είδη διότι είναι οι πλέον κατάλληλοι για τα ενσωματωμένα συστήματα διότι μεταφέρουν την πληροφορία με πολύ γρήγορες ταχύτητες και χάρης την PCIe που η συνδεση θα είναι σημείο προς σημείο που εξασφαλίζει την δυνατότητα να συνδέσουμε περιφερειακά που χρησιμοποιούν λίγα κανάλια σε υποδοχές μεγαλύτερης επέκτασης για περισσότερα κανάλια.

#### 4.2.4 Εξωτερικοί Αισθητήρες

Για την παρατήρηση των ελαστικών θα χρειαστούμε 4 εξωτερικούς αισθητήρες πίεσης και θερμοκρασίας όπου θα λειτουργούν στις συνθήκες που αναφέρει ο πίνακας 3. Με την σειρά τους τα σήματα που θα στέλνονται θα επικοινωνούν με 4 διαφορετικούς δέκτες για τον κάθε έναν αισθητήρα όπου με την σειρά τους ο κάθε ένας περνάει απο 1 ενισχυτή σημάτων και μετά μπαίνουν στο σύστημα μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό δηλαδή στα ADC της κεντρικής πλακέτας και απο εκεί στέλνονται στο επεξεργαστή για επεξεργασία.

#### 4.3 Σχεδιασμός συνολικού Συστήματος

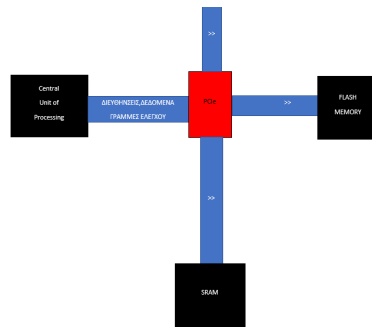
Στην ενότητα αυτή θα δούμε τον συνολικό σχεδιασμό του συστήματός μας σύμφωνα με όλα όσα είχαμε πει και σε άλλη ενότητα θα έχουμε τον σχεδιασμό των υποσυστημάτων και των συστατικών τους. Παρακάτω ακολουθεί το σχέδιο ολόκληρου του συστήματος:



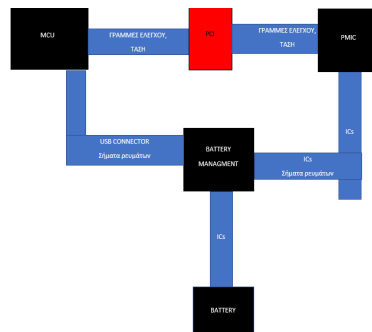
Σχήμα 7: Σχεδιασμός ολικού συστήματος

#### 4.4 Σχεδιασμός Υποσυστημάτων και συστατικών

Εδώ θα έχουμε εικόνες με τα υποσυστήματα που απαρτίζουν το συνολικό σύστημα μαζί μετά συστατικά τους και με τους διαύλους τους οποίους έχουν γίνει οι συνδέσεις στα τοπικά και περιφερειακά συστήματα.

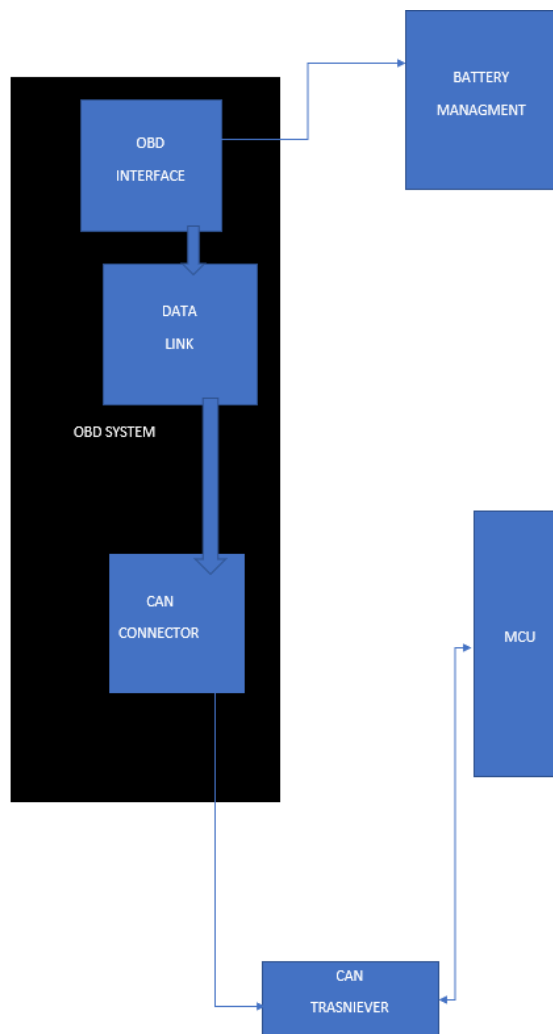


Σχήμα 8: Υποσύστημα της MCU

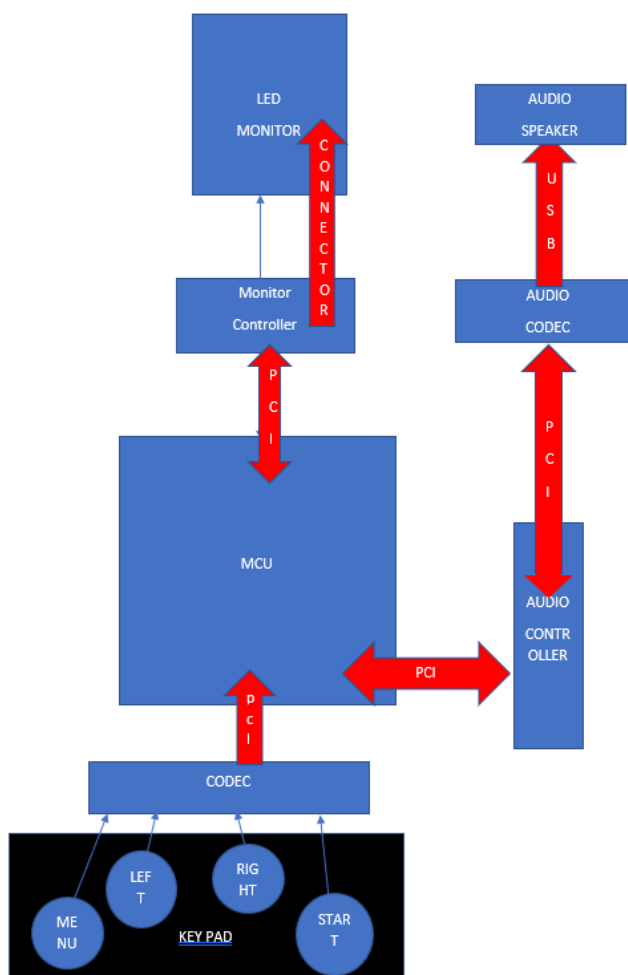


Σχήμα 9: Υποσύστημα της Μονάδας ελέγχου ισχύς και μπαταρίας

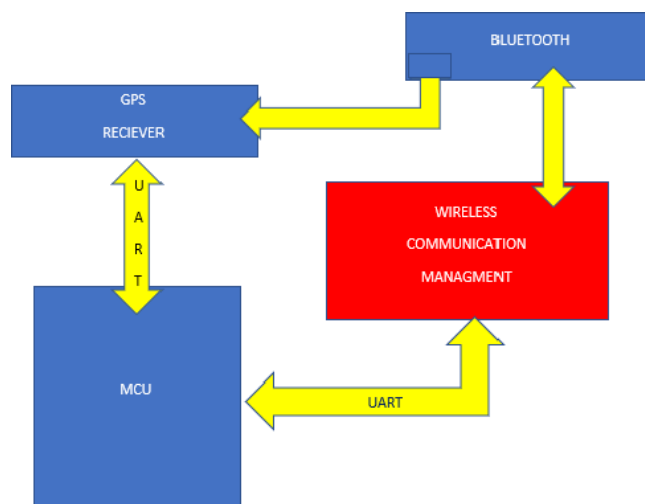




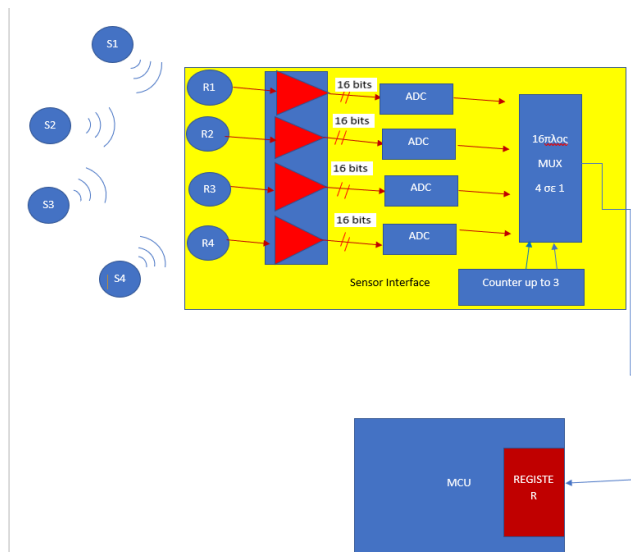
Σχήμα 10: Υποσύστημα της OBD



Σχήμα 11: Υποσύστημα Περιφερειακών



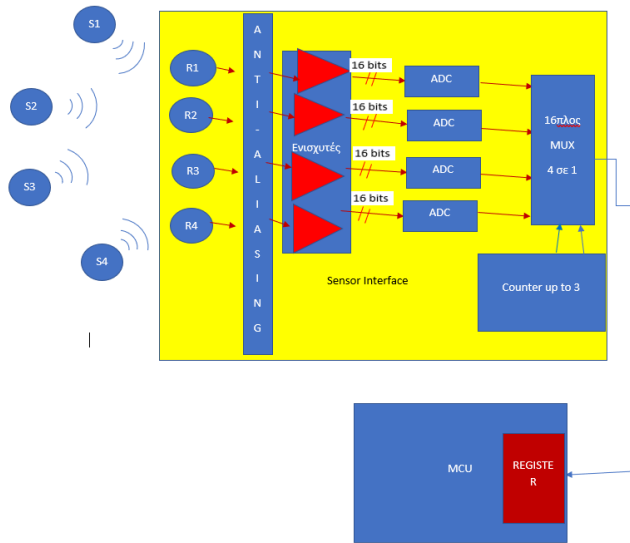
Σχήμα 12: Υποσύστημα Bluetooth και GPS



Σχήμα 13: Υποσύστημα Αισθητήρων

## 5 Υλοποίηση υποσυστήματος Αισθητήρων

Έχοντας προτείνει και αναλύσει τις αρχιτεκτονικές των υποσυστημάτων που θα χρησιμοποιήσουμε και του τελικού συστήματος μας μπορούμε να περάσουμε στην υλοποίηση. Συγκεκριμένα θα εστιάσουμε στο υποσύστημα των αισθητήρων για μια καλύτερη και αναλυτικότερη προσέγγιση. Την υλοποίηση του υποσυστήματος αυτού θα την προσεγγίσουμε σε θεωρητικό επίπεδο. Όπως είδαμε το υποσύστημα μας αποτελείται από κάποια σημαντικά στοιχεία όπως πομπούς, δέκτες, μετρητές κτλ. Βέβαια το πλήρες υποσύστημα των αισθητήρων είναι το παρακάτω:



Σχήμα 14: Συνολικό Υποσύστημα Αισθητήρων

Οι αισθητήρες μας είναι wireless οπότε έχουμε 4 πομπούς και 4 δέκτες. Οι δέκτες συλλαμβάνουν τα σήματα, έπειτα τα περνάμε απο μια διαδικασία η οποία λέγεται anti-aliasing για να αποφύγουμε την παραποίηση(αυτό γίνεται απο συσκευές anti-aliasing).Για να αποφευχθεί αυτό προφανώς πρέπει να περιορίσουμε τις συχνότητες του εισερχόμενου σήματος σε λιγότερες απο το ήμισυ της λαμβανόμενης συχνότητας  $f_s$  δηλαδή θα πρέπει να ισχυεί:

$$p_s < \frac{p_N}{2}$$

όπου  $p_N$  η περίοδος του πιο γρήγορου ημιτονοειδούς κύματος, δηλαδή θα πρέπει να ισχυεί:

$$f_s > 2 \cdot f_N$$

όπου  $f_N$  η συχνότητα Nyquist. Έπειτα δειγματολειπούμε το σήμα μας αυτό με την  $f_s$  όπου  $f_s$  είναι γνωστή και ως συχνότητα δειγματοληψίας και είναι η ελάχιστη συχνότητα με την οποία πρέπει να δειγματοληπτηθεί το σήμα μας, αλλιώς θα έχουμε αναδιπλώσεις στο παραγώμενο σήμα μας. Άρα αφού έχουμε συχνότητα μεταφοράς ίση με  $434 \text{ Hz}$ , θα πρέπει τότε να έχουμε ελάχιστη  $f_s = 868 \text{ MHz}$ . Όπως είπαμε οι αισθητήρες θα μετρούν και την πίεση και την θερμοκρασία των ελαστικών του οχήματος. Τα σημάτά μας ενισχύονται μέσα από ενισχυτές με το κέρδος του ενισχυτή να υπολογίζεται απο τον τύπο:

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

όπου  $R_1, R_2$  αντιστάσεις. Έπειτα περνάει απο 16-bit ADC (Analog to Digital Converter) και δειγματολειπτεί το σήμα μας με  $f_s = 868$  τουλάχιστον. Επιπλέον

αφού πρόκειται για 16-bit Μετατροπέα θα έχουμε  $2^{16}=65536$  στάθμες όπου θα κινητοποιηθεί η αναλογική τιμή τάσης, οπότε θα έχουμε μια πάρα πολύ καλή ανάλυση στην συλλογή του σήματος. Τώρα η ελάχιστη μεταβολή τάσης εισόδου σε έναν μετατροπέα ώστε να είναι ανιχνεύσιμη από αυτόν και να υπάρξει μεταβολή κατά 1 LSB υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$q = \frac{FS}{G \cdot 2^n}$$

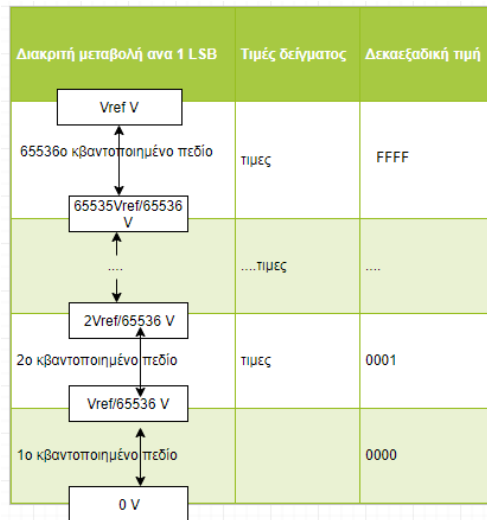
όπου n η ανάλυση του μετατροπέα(bits), FS το μέγιστο πεδίο τιμών εισόδου του μετατροπέα και G η ενίσχυση που δέχτηκε το σήμα. Κατά την κβαντοποίηση του σήματος έχουμε το λεγόμενο σφάλμα κβαντοποίησης το οποίο οδηγεί σε απώλεια πληροφορίας του κώδικα. Αυτό συμβαίνει διότι το σήμα από την συνεχές και άπειρη πληροφορία που μας παρέχει το σήμα, εμείς την κάνουμε πεπερασμένη και διακριτή ώστε να μπορεί να επεξεργαστεί από τον μικροελεγκτή. Το σφάλμα υπολογίζεται ως:

$$Error_q = \pm \frac{1}{2} \cdot q$$

. Όπως είπαμε η κβαντοποίηση επιτυγχάνεται με 65536 στάθμες οπότε με μία τάση αναφοράς  $V_{REF}$  του μετατροπέα έχουμε μεταβολή κατά 1 LSB που δίνεται από την σχέση:

$$LSB = \frac{V_{REF}}{2^{16}}$$

, οπότε έχοντας την LSB τα κβαντοποιημένα δεδομένα κωδικοποιούνται σε δυαδική μορφή με τον εξής τρόπο:



Σχήμα 15: Πεδία Κβαντοποίησης

Έπειτα περνάμε τα σήματα από 16 MUX( $4 \rightarrow 1$ ) όπου κάθε 1 κύκλο περνάει 1 σήμα ενός διαφορετικού αισθητήρα κάθε φορά. Την επιλογή την καθορίζει ένας

Counter up to 3 δηλαδή μετράει απο το 0(1<sup>ο</sup> κύκλος) ως το 3 και έπειτα κάνει Reset και ακολουθεί την ίδια διαδικασία. Τέλος την κωδικοποιημένη αυτή μορφή την αποθηκεύουμε σε έναν καταχωρητή 32-bit όπου την στέλνει για επεξεργασία στον μικροελεγκτή.

## 5.1 Πειραματικές μετρήσεις

Αφου εχουμε ολοκληρωσει και την υλοποίηση του υποσυστήματος των αισθητήρων σε θεωρητική προσέγγιση θα παραθέσουμε μερικές εκτιμώμενες τιμές της πίεσης και της θερμοκρασίας των ελαστικών μέσα απο διάφορα δεδομένα κάθε φορά. Σύμφωνα με τα Datasheets του αισθητήρα η πίεση και η θερμοκρασία θα υπολογίζονται μέσα από τους εξής 2 τύπους:

$$p = \frac{Digoutp(p) - Digoutpmin}{Sensp} + pmin \quad (1)$$

όπου

$$Sensp = \frac{Digoutpmax - Digoutpmin}{pmax - pmin}$$

Τώρα στον τύπο 1 το p είναι η τρέχουσα πίεση σε PSI το pmin είναι η καθορισμένη ελάχιστη πίεση σε PSI και το pmax η καθορισμένη μέγιστη πίεση σε PSI . Το Digoutp(p) είναι η τρέχουσα τιμή ψηφιακής πίεσης σε counts και τα Digoutpmin και Digoutpmax είναι οι τιμές ψηφιακής πίεσης ελάχιστης και μέγιστης καθορισμένης πίεσης σε counts αντίστοιχα. Το Sensp είναι η ευαισθησία του αισθητήρα πίεσης με μονάδα μέτρησης counts/PSI . Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο υπολογίζεται και η θερμοκρασία μέσα από αυτούς τους 2 τύπους:

$$T = \frac{DigoutT(T) - DigoutTmin}{SensT} + Tmin \quad (2)$$

όπου

$$SensT = \frac{DigoutTmax - DigoutTmin}{Tmax - Tmin}$$

Τώρα στον τύπο 2 το T είναι η τρέχουσα θερμοκρασία σε °C το Tmin είναι η καθορισμένη ελάχιστη θερμοκρασία σε °C και το Tmax η καθορισμένη μέγιστη θερμοκρασία σε °C . Το DigoutT(T) είναι η τρέχουσα τιμή ψηφιακής θερμοκρασίας σε counts και τα Digoutmin και Digoutmax είναι οι τιμές ψηφιακής θερμοκρασίας ελάχιστης και μέγιστης καθορισμένης θερμοκρασίας σε counts αντίστοιχα. Το Sens είναι η ευαισθησία του αισθητήρα θερμοκρασίας με μονάδα μέτρησης counts/°C . Παρακάτω παρατήθετε ένα παράδειγμα για το πως υπολίζονται οι τιμές θερμοκρασίας και πίεσης:

Έστω ότι ο καταχωρητής έχει την τιμή Digoutp(p)=550A<sub>HEX</sub> counts = 21770<sub>DEC</sub> counts = (01010101 00001010<sub>bin</sub>) και DigoutT(T)=3A9A<sub>HEX</sub> counts = 15002<sub>DEC</sub> counts = (00111010 10011010<sub>bin</sub>) όπου διαβάζονται από τον επεξεργαστή. Επιπλέον έχουμε από τις προδιαγραφές και τα Datasheet του αισθητήρα ότι pmin=0 PSI, pmax=116 PSI, Digoutpmin=3277 counts, Digoutmax=29491 οπότε p =

$\frac{(21770-3277) \cdot \text{counts}}{26214 \cdot \frac{\text{counts}}{116} \cdot \text{PSI}} + 0 \text{ PSI} \simeq 81,83 \text{ PSI}$ . Τώρα για την θερμοκρασία ξέροντας ότι Tmin=-25°C, Tmax=85°C και DigoutTmax=29491 counts και DigoutTmin=3277 counts οπότε  $T = \frac{(15002-3277) \cdot \text{counts}}{26214 \cdot \frac{\text{counts}}{110} \cdot \text{°C}} + 0 \text{ °C} \simeq 24.2 \text{ °C}$ . Τέλος παραθέτουμε μερικές εκτιμώμενες τιμές:

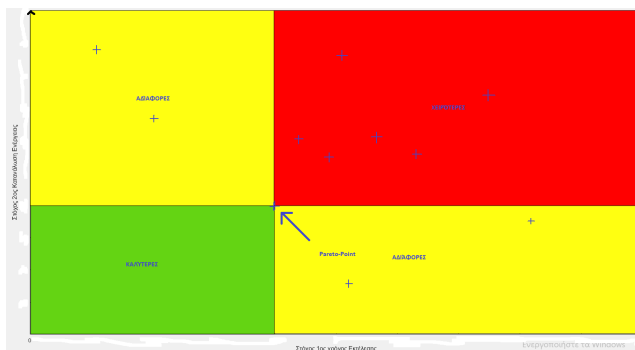
<b>Digoutp(p)(σε counts)</b>	<b>p (σε PSI)</b>	<b>DigoutT(T)(σε °C)</b>	<b>T(σε °C)</b>
20041	85.096447	15447	33.509615
23464	102.472081	11724	15.610577
21333	91.654822	14770	30.254808
21495	92.477157	11537	14.711538
24166	106.035533	11869	16.307692
20721	88.548223	19911	54.971154
21476	92.380711	15665	34.557692
24353	106.984772	16297	37.596154
21957	94.822335	17034	41.139423
24460	107.527919	19894	54.889423
20704	88.461929	18701	49.153846
23140	100.827411	13809	25.634615
23277	101.522843	11319	13.663462
21824	94.147208	10330	8.908654
24960	110.065990	17672	44.206731
20491	87.380711	14664	29.745192
22995	100.091371	15140	32.033654
21940	94.736041	17711	44.394231
24827	109.390863	18251	46.990385
20435	87.096447	16868	40.341346
22385	96.994924	15545	33.980769
24602	108.248731	17642	44.062500
23902	104.695431	12659	20.105769
20153	85.664975	12754	20.562500
20292	86.370558	10035	7.490385
22380	96.969543	12858	21.062500
22418	97.162437	18723	49.259615
23713	103.736041	19741	54.153846
24715	108.822335	17527	43.509615
24892	109.720812	10778	11.062500

Πίνακας 6: Εκτιμώμενες τιμές από τους τύπους 1 & 2



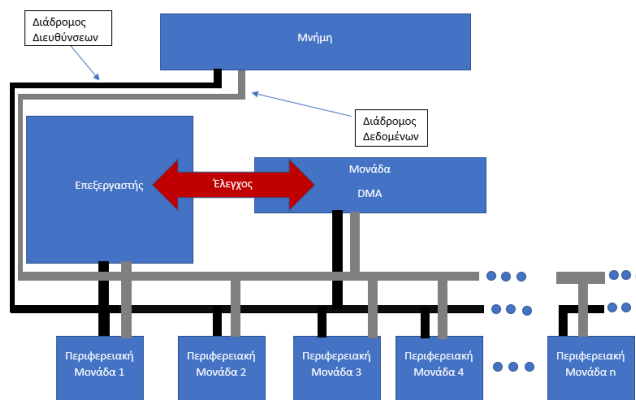
## 6 Pareto Ανάλυση Συνολικού Συστήματος

Στα ενσωματωμένα συστήματα ευτυχώς αλλά και δυστυχώς υπάρχουν άφθονες λύσεις και αρχιτεκτονικές λογισμικών και υλικού για μια υλοποίηση ενός συστήματος. Ανάλογα με τα ζητούμενα και τις απαιτήσεις του συστήματος προσπαθούμε να βρούμε ή να προσεγγίσουμε την βέλτιστη λύση του συστήματος μας. Για να το πετύχουμε αυτό θα χρησιμοποιήσουμε την Pareto Ανάλυση η οποία αυτό που καταφέρει είναι να μας βεβαιώνει ότι έχουμε βελτιώσει τους συνολικούς στόχους μας, αφού έχουμε την καλύτερευση ενός στόχου η μιας ομάδας στόχων, χωρίς να χειροτερεύει η θέση άλλου στόχου. Στην δικιά μας την περίπτωση η 2 στόχοι που μας ενδιαφέρουν αρκετά στο σύστημα μας είναι η κατανάλωση ενέργειας και η ταχύτητα του δηλαδή ο χρόνος εκτέλεσης του. Πριν καταλήξουμε στην βέλτιστη λύση η οποία φαίνεται στην εικόνα 7 είχαμε καταλήξει σε πολλές και διάφορες αρχιτεκτονικές. Για παράδειγμα θα μπορούσαμε να είχαμε τις μνήμες και τον μικροελεγκτή σε διαφορετικό ολοκληρωμένο το κάθε ένα με αποτέλεσμα να έχουμε μια χαμηλότερη κατανάλωση αλλά αυτό θα επηρέαζε σημαντικά τον χρόνο εκτέλεσης αφού όλες τις εντολές που δεν θα βρισκόταν στους καταχωρητές του επεξεργαστή ή στον επεξεργαστή θα έπρεπε να πάει να τις πάρει από τις αντίστοιχες μνήμες με αποτέλεσμα να πρέπει να περιμένουμε και άλλους κύκλους ρολογιού για την εκτέλεση κάποιας εντολής. Επίσης θα μπορούσαμε να έχουμε τις μνήμες μας στο ίδιο ολοκληρωμένο και τον μικροελεγκτή σε άλλο το οποίο όμως πάλι θα πρόσθετε καθυστέρηση στην εκτέλεση των εντολών. Άλλο ένα παράδειγμα είναι να έχουμε την μία απο τις δύο μνήμες στο ίδιο ολοκληρωμένο με τον επεξεργαστή και την άλλη σε διαφορετικό το οποίο μεν θα μείωνε την κατανάλωση ενέργειας αλλά θα είχαμε αύξηση στους κύκλους ρολογιού εκτέλεσης μιας εντολής. Τέλος ένα ακόμα παράδειγμα είναι να αλλάζαμε την SRAM σε DRAM πράγμα το οποίο θα αύξανε και τον χρόνο εκτέλεσης αλλά και την κατανάλωση ενέργειας αφού σε χαμηλές συχνότητες μία μνήμη DRAM καταναλώνει πιο πολύ από ότι μία SRAM. Παρακάτω παραθέτουμε ένα διάγραμμα του τι πετυχαίνουν διάφορες αρχιτεκτονικές που αναλύθηκαν για την υλοποίηση του συστήματος επεξεργαστή-μνήμες. Το pareto-point είναι το βέλτιστο σύστημα που πρέπει να υλοποιήσουμε:



## 7 Προτάσεις Βελτιστοποίησης Συστήματος

Το υπολογιστικό σύστημα της εικόνας 7 αποτελείται από σχετικά μεγάλο αριθμό περιφερειακών μονάδων οι οποίες χρησιμοποιούν τη μνήμη του συστήματος ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Οπότε όταν πραγματοποιείται μια προσπέλαση της μνήμης από περιφερειακή μονάδα, ο επεξεργαστής διακόπτει τη ροή του προγράμματος για να εξυπηρετήσει το σκοπό αυτό και επανέρχεται έπειτα στην κανονική ροή της λειτουργίας του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την χρονική καθυστέρηση της ροής του προγράμματος η οποία εξαρτάται από το μέγεθος των δεδομένων συναλλαγής μεταξύ των περιφερειακών μονάδων και της μνήμης καθώς και από τον αριθμό των περιφερειακών μονάδων που μπορεί να αιτηθούν για προσπέλαση στην μνήμη. Αυτό το πρόβλημα λύνεται χρησιμοποιώντας μονάδες άμεσης προσπέλασης μνήμης τις γνωστές ως DMA μνήμες οι οποίες μεσολαβούν μεταξύ του επεξεργαστή, της κεντρικής μνήμης και των περιφερειακών μονάδων. Σε κάθε χρήση της μονάδας DMA για την συναλλαγή δεδομένων μεταξύ κάποιας περιφερειακής μονάδας και της μνήμης, ο επεξεργαστής στέλνει ένα σήμα ελέγχου στη μονάδα DMA η οποία ενημερώνεται κατάλληλα για το είδος της συναλλαγής. Έπειτα ο επεξεργαστής επιστρέφει στην κανονική ροή του προγράμματος αφήνοντας την μονάδα DMA να εκτελέσει αυτή την διαδικασία συναλλαγής μεταξύ της μνήμης και της περιφερειακής μονάδας. Στο τέλος ο επεξεργαστής ενημερώνεται για το τέλος της συναλλαγής με διάφορα σήματα ελέγχου που αποστέλλει η μονάδα DMA σε αυτόν. Οπότε με την προσθήκη αυτής της μονάδας μεν θα αυξήσουμε λίγο την κατανάλωση του συστήματος μας αλλά θα αυξήσουμε δραματικά την ταχύτητα εκτέλεσης του συστήματος. Ακολουθεί Περιληπτική σχηματική αναπαράσταση σύνδεσης στο σύστημα:



Σχήμα 17: Διασύνδεση μονάδας DMA

## Αναφορές

- [1] "[http://arch.icte.uowm.gr/courses/embedded/01ES\\_oc.pdf](http://arch.icte.uowm.gr/courses/embedded/01ES_oc.pdf)"

- [2] "<https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/2559/1/Chapter13.pdf>"
- [3] "<http://oceanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3991/%CE%95%CE%BD%CF%83%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B1%20%CE%A3%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%20%CF%83%CF%84%CE%B7%20%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%AF%CE%B1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>"
- [4] "[https://en.wikipedia.org/wiki/Head-up\\_display](https://en.wikipedia.org/wiki/Head-up_display)"
- [5] "<http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/document/file.php/HYS100/IV.%20%CE%A3%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%20%CE%A0%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D%20%CE%A7%CF%81%CF%8C%CE%BD%CE%BF%CF%85.pdf>"
- [6] "<https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/2559/1/Chapter13.pdf>"
- [7] Μηνάς Δασυγένης και Δημήτριος Σούντρης, *Εισαγωγή στις Ενσωματωμένα Συστήματα Ο αθέατος Ψηφιακός Κόσμος*, Μηνάς Δασυγένης, ISBN:978-960-603-390-2, Copyright ΣΕΑΒ. 2015
- [8] "<https://www.st.com/en/applications/body-and-convenience/head-up-display-hud.html>"
- [9] "<https://www.embitel.com/blog/embedded-blog/car-hud-hardware-components>"
- [10] "[http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-4073-AVR-Microcontrollers-for-Automotive\\_Brochure.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-4073-AVR-Microcontrollers-for-Automotive_Brochure.pdf)"
- [11] ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΛΟΒΡΕΚΤΗΣ, *Βασικές Δομές Ενσωματωμένων Συστημάτων*, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΒΑΡΒΑΡΗΓΟΥ, ISBN:978-960-7996-80-0, Copyright©VARMAR Publications®
- [12] "<https://www.analog-micro.com/products/pressure-sensors/board-mount-pressure-sensors/ams5812/ams5812-datasheet.pdf>"