



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

**Περιγραφή Αισθητήρων Αυτοκινήτων και Μελέτη Αισθητήρα  
Αναγνώρισης Οδηγού Και Ελέγχου Νηφαλιότητας του**

**Γκόλφης Δημήτριος**  
**A.M.: 9095201900180**

**Καλαράκης Αλέξανδρος**  
**Επίκουρος Καθηγητής**

Διπλωματική εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα  
Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

ΠΑΤΡΑ, [Φεβρουάριος / 2023]





**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάστηκε

από τον

**Γκόλφη Δημήτριο**  
**A.M.: 9095201900180**

την [23 / 02 / 2023]

**Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή:** Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και την πηγή προέλευσης.

Ο Φοιτητής

(Ονοματεπώνυμο)

.....

(Υπογραφή)

## Περιγραφή Αισθητήρων Αυτοκινήτου και Μελέτη Αισθητήρα Αναγνώρισης Οδηγού και Ελέγχου Νηφαλιότητας του

### Περίληψη

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στην μελέτη σύγχρονων αισθητήρων αυτοκινήτων, οι οποίοι στις μέρες μας πληθαίνουν με γοργούς ρυθμούς βρίσκοντας ταυτοχρόνως όλο και περισσότερες πρακτικές εφαρμογές. Τα είδη των αισθητήρων αυτών, η άριστη συνεργασία τους, καθώς και η αποτελεσματικότητά τους, τους καθιστούν όλο και πιο αναγκαίους σε κάθε αυτοκίνητο.

Ακόμα παρουσιάζεται η διαδικασία μελέτης και κατασκευής και περιγράφεται η λειτουργία αισθητήρα αναγνώρισης και ελέγχου νηφαλιότητας οδηγού. Σκοπό έχει την ανάδειξη του συγκεκριμένου αυτού συστήματος και πως αυτό λειτουργεί ώστε να αναγνωρίσει τον οδηγό και αν πρέπει να τον αποτρέψει να οδηγήσει είτε γιατί έχει καταναλώσει αλκοόλ είτε γιατί δεν είναι ο ιδιοκτήτης του αυτοκινήτου. Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε έξι κεφάλαια.

**Στο πρώτο κεφάλαιο** δίνονται κάποια βασικά στοιχεία για τους αισθητήρες, πως αυτοί λειτουργούν και επικοινωνούν μεταξύ τους. Τα χαρακτηριστικά τους μεγέθη και οι κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται.

**Το δεύτερο κεφάλαιο** είναι αφιερωμένο στους αισθητήρες θερμοκρασίας. Σ' αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται τα θερμοζεύγη και τα θερμίστορ, πως αυτά λειτουργούν, αναλύεται η κατασκευή τους και ποιες οι εφαρμογές τους στο αυτοκίνητο.

**Στο τρίτο κεφάλαιο** μελετώνται λεπτομερώς οι αισθητήρες πίεσης. Αναλύονται οι κατηγορίες τους και αναφέρονται οι εφαρμογές τους, καθώς και η χρησιμότητά τους σε διάφορα μηχανικά μέρη του αυτοκινήτου.

**Στο τέταρτο κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στα είδη των αισθητήρων θέσης ή μετατόπισης. Επίσης μελετάται ο αισθητήρας Hall, ο τρόπος λειτουργίας του και οι εφαρμογές του σ' ένα αυτοκίνητο.

**Το πέμπτο κεφάλαιο** αναφέρεται στα συστήματα ενεργητικής και παθητικής ασφάλειας ενός αυτοκινήτου και στις νέες τεχνολογίες που σχετίζονται με την ενεργητική και παθητική ασφάλεια. Αναλύονται όλα τα είδη ενεργητικής ασφάλειας έτσι όταν ένα αυτοκίνητο βρίσκεται σε κίνηση, είτε με την κατάλληλη αντίδραση του οδηγού, είτε σε αρκετές περιπτώσεις και χωρίς αυτή, να συμβάλλουν στην αποφυγή ενός τροχαίου ατυχήματος. Επίσης αναφέρονται όλα τα μέσα που ανήκουν στην παθητική ασφάλεια ενός αυτοκινήτου που μπορούν ν' αποτρέψουν ένα τραυματισμό όταν συμβεί ένα τροχαίο ατύχημα.

**Στο έκτο κεφάλαιο** μελετάται η κατασκευή και η λειτουργία αισθητήρα αναγνώρισης και ελέγχου νηφαλιότητας οδηγού. Ο αισθητήρας αυτός χρησιμοποιείται για να μπορεί να ελέγχει μόλις ο οδηγός επιβιβαστεί στο όχημά να αναγνωρίζει αν πράγματι είναι ο ιδιοκτήτης του ή κάποιος που έχει τη άδεια του ιδιοκτήτη να το οδηγήσει. Σε δεύτερο στάδιο να ελέγχει ανεξαρτήτως οδηγού, αν είναι νηφάλιος και κατάλληλος για οδήγηση ή αν έχει υπερβεί τα επιτρεπτά όρια κατανάλωσης αλκοόλ θέτοντας το όχημα εκτός λειτουργίας. Ο αισθητήρας αναγνώρισης και ελέγχου νηφαλιότητας οδηγού αποτελείται από τρία μέρη: το ηλεκτρονικό μέρος και ηλεκτρονικό μέρος, το λογισμικό μέρος και το μηχανικό μέρος.

**Στο έβδομο κεφάλαιο** όπου και ολοκληρώνεται η παρούσα διπλωματική εργασία αναφέρονται τα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν από τη μελέτη αυτή. Με την πολλαπλή χρήση αισθητήρων και ειδικά σε όλα τα «κομμάτια» καθώς και την μεταξύ τους συνεργασία σ' ένα αυτοκίνητο οι οποίοι δίνουν συνεχώς πληροφορίες, θα έχουμε σημαντική προσφορά στην οδική ασφάλεια και ίσως στο μέλλον με την εξέλιξη και την βελτίωση τους να μειωθεί ο αριθμός των τροχαίων ατυχημάτων που στις μέρες μας είναι αρκετά μεγάλος.

#### Λέξεις κλειδιά

Αισθητήρες αυτοκινήτων, Αισθητήρια όργανα, Νέες τεχνολογίες οχημάτων

## **Description of Car Sensor and Study of Driver Recognition and Sobriety Control Sensor**

**Golfis Dimitrios**

### **Abstract**

This Master's Thesis refers to the study of modern car sensors, which nowadays are increasing at a rapid pace, finding at the same time more and more practical applications. The types of these sensors, their excellent cooperation, as well as their effectiveness, make them increasingly necessary in every car.

The manufacturing process is also presented and the function of the driver's sobriety recognition and control sensor is described. The purpose is to highlight this particular system and how it works to recognize the driver and if it should prevent him from driving either because he has consumed alcohol or because he is not the owner of the car. The theme is developed in six chapters.

The first chapter gives some basic information about the sensors, how they work and communicate with each other. Their characteristic sizes and the categories into which they are divided.

The second chapter is dedicated to temperature sensors. In this chapter thermocouples and thermistors are described, how they work, their construction is analyzed and what their applications are in the car.

In the third chapter pressure sensors are studied in detail. Their categories are analyzed and their applications are mentioned, as well as their usefulness in various mechanical parts of the car.

In the fourth chapter, reference is made to the types of position or displacement sensors. The hall sensor, its mode of operation and its applications in a car are also studied.

The fifth chapter refers to the active and passive safety systems of a car and the new technologies related to active and passive safety. All types of active safety are analyzed so that when a car is in motion, either with the appropriate reaction of the driver, or in several cases without it, they contribute to avoiding a traffic accident. Also mentioned are all the means belonging to the passive safety of a car that can prevent an injury when a traffic accident occurs.

In the sixth chapter, construction and operation of a driver sobriety recognition and control sensor is studied. This sensor is used to be able to check as soon as the driver gets into the vehicle gets into the vehicle to recognize if it is actually the owner or someone who has the owner's permission to driver it. In a second stage, to independently check a driver, if he is sober and fit to drive or if he has exceeded the permissible limits of alcohol consumption by putting the vehicle out of service. The driver sobriety recognition and control sensor consist of three parts: the electronic part and electronic part, the software part and the mechanical part.

In the seventh chapter, where this thesis is completed, the conclusions derived from this study are mentioned. With the multiple use of sensors and especially and especially in all the "pieces" as well as the cooperation between them in a car that continuously provide information, we will have a significant contribution to road safety and perhaps in the future with their development and improvement the number of traffic accidents which nowadays is quit large.

**Key words:**

Car sensors, Sense organs, New vehicle technology



## Κατάλογος γραφημάτων διαγραμμάτων σχημάτων εικόνων και πινάκων

Διάγραμμα 1.01: Νεκρή ζώνη .....	09
Διάγραμμα 1.02: Υστέρηση.....	10
Διάγραμμα 1.03: Γραμμικότητα αισθητήρα.....	11
Εικόνα 1.01: Διάφοροι αισθητήρες στο σύγχρονο αυτοκίνητο .....	16
Σχήμα 2.01,α: Εμφάνιση θερμοηλεκτρικής τάσης όταν δύο μέταλλα ενώνονται .....	20
Εικόνα 2.01,β: Δομή ενός θερμοζεύγους. Διακρίνονται η θερμή επαφή και η ψυχρή επαφή και σημειώ - νονται οι τάσεις που αναπτύσσονται σε αυτά τα σημεία.....	20
Πίνακας 2.01: Είδη θερμοζεύγων και περιοχές λειτουργίας τους .....	22
Εικόνα 2.01: Το θερμοζεύγος (thermocouple).....	23
Σχήμα 2.02: Διάφορες μορφές θερμίστορ .....	24
Εικόνα 2.02: Τυπικά θερμίστορ του εμπορίου της εταιρείας Therm-O-Disk .....	25
Πίνακας 2.02: Τιμές θερμοκρασίας-αντίστασης του θερμίστορ NTC P1H103T της εταιρείας Therm-O-Disk .....	27
Γράφημα 2.01: Χαρακτηριστική καμπύλη αντίστασης θερμίστορ συναρτήσει της θερμοκρασίας .....	28
Εικόνα 2.03: Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού .....	32
Εικόνα 2.04: Αισθητήρας θερμοκρασίας εξαγομένων καυσαερίων .....	34
Εικόνα 2.05: Αισθητήρας θερμοκρασίας καυσίμου .....	36
Σχήμα 2.03: Αισθητήρες θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής. 1.Αντίσταση, 2.Περίβλημα, 3. Ηλεκτρική σύνδεση .....	37
Εικόνα 2.06: Αισθητήρες θερμοκρασίας εισερχόμενου αέρα στην πολλαπλή εισαγωγής. Συνήθως βρί - σκεται αμέσως μετά από το φίλτρο αέρα στον αεραγωγό που οδηγεί από το φίλτρο αέ - ρα στην πολλαπλή εισαγωγής.....	37
Σχήμα 3.01: Απλός χωρητικός αισθητήρας πίεσης.....	42
Σχήμα 3.02: Απλός επαγωγικός αισθητήρας πίεσης.....	43
Εικόνα 3.01: Αισθητήρας πίεσης EPO της εταιρείας Entran.....	44
Εικόνα 3.02: Αισθητήρες πίεσης EPL της εταιρείας Entran .....	47
Σχήμα 3.03: Κυψελίδα φόρτισης αποτελούμενη από τέσσερις μετρήσεις μηχανικής τάσης .....	48

Σχήμα 3.04: Μορφή πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα πίεσης .....	49
Εικόνα 3.03: Αισθητήρες πίεσης λαδιού.....	52
Εικόνα 3.08: Η συμπεριφορά ενός αυτοκινήτου σε ακραίες οδηγικές συνθήκες με τη χρήση του ESP (πράσινη γραμμή) και χωρίς ESP (κόκκινη γραμμή) .....	54
Σχήμα 4.01: Γενική μορφή ενός επαγωγικού αισθητήρα γραμμικής μετατόπισης (LVDT) .....	60
Σχήμα 4.02: Γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής .....	62
Σχήμα 4.03: Παράδειγμα μεταβολής των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ενός πυκνωτή: (α) ολίσθηση Ενός οπλισμού ως προς τον άλλο, (β) απομάκρυνση των οπλισμών, (γ) εισαγωγή ενός τεμαχίου διηλεκτρικού υλικού .....	63
Σχήμα 4.04: Αρχή λειτουργίας πιεζοηλεκτρικού επιταχυνσιόμετρου.....	65
Σχήμα 4.05: Αρχή λειτουργίας επιχυνσιομέτρου σεισμικής μάζας .....	65
Εικόνα 4.01: Επιταχυνσιόμετρο σειράς EGA της εταιρείας Entran .....	66
Εικόνα 4.6: Φαινόμενο Hall .....	67
Εικόνα 4.02: Αισθητήρας Hall .....	71
Εικόνα 4.07: Αισθητήρας ταχύτητας στροφών φαινομένου Hall .....	72
Εικόνα 4.03: Αισθητήρας Hall ταχύτητας στροφών άξονα .....	73
Εικόνα 4.08: Οπτικός αισθητήρας ταχύτητας στροφαλοφόρου άξονα .....	75
Εικόνα 409: Οπτικός αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου. 1.LED, 2.Σημάδι για τον κύλινδρο 1, 3. Σημάδια 360° .....	76
Εικόνα 4.10: Αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου τύπου Hal: (1) τροχός αισθητήρα εκκεντροφόρου άξο - να, (2) αισθητήρας Hall .....	77
Εικόνα 4.04: Αισθητήρας πεταλούδας γκαζιού .....	79
Εικόνα 4.11: Αισθητήρας γωνίας τιμονιού.....	80
Εικόνα 5.01: Απενεργοποίηση και ενεργοποίηση του TCS .....	88
Εικόνα 5.02: Ενεργοποίηση cruise control σε σταθερή ταχύτητα .....	90
Εικόνα 5.03: Τι προσφέρει το adaptive cruise control.....	91
Εικόνα 5.04: Προειδοποίηση του οχήματος για κίνδυνο εκτός λωρίδας κυκλοφορίας του.....	92
Εικόνα 5.05: Σύστημα διαρκείς παρακολούθησης εντός της λωρίδας κυκλοφορίας .....	92
Εικόνα 5.06: Παρακολούθηση οχήματος σύμφωνα με την σήμανση .....	93
Εικόνα 5.07: Αισθητήρας για αερόσακο .....	96

Εικόνα 5.08: Το Active City Stop.....	98
Εικόνα 5.09: Αισθητήρας Parktronic.....	99
Εικόνα 5.10: Σύστημα, αισθητήρες και οθόνη Parktronic .....	100
Εικόνα 5.11: Αποφυγή ατυχήματος χάριν του Parktronic .....	100
Εικόνα 5.12: Σύστημα υποβοήθησης στο δρόμο με κλίση .....	101
Εικόνα 5.13: Απενεργοποίηση start/stop .....	103
Εικόνα 6.01: Κοιλοδοκός γαλβανιζέ.....	109
Εικόνα 6.02: Λαμαρίνα INOX.....	109
Εικόνα 6.03: Ράβδος INOX .....	109
Εικόνα 6.04.α: Διάδρομος αλουμινίου .....	110
Εικόνα 6.04.β: Διάδρομος αλουμινίου .....	110
Εικόνα 6.05.α: Βίδες από σίδηρο.....	110
Εικόνα 6.05.β: Βίδες από σίδηρο .....	111
Εικόνα 6.06: Βίδα από χαλκό .....	111
Εικόνα 6.07.α: Παξιμάδι από σίδηρο.....	111
Εικόνα 6.07.β: Παξιμάδι από σίδηρο.....	111
Εικόνα 6.08: Ροδέλες από σίδηρο.....	112
Εικόνα 6.09: Τρυπανόβιδα .....	112
Εικόνα 6.10: Βάση για τον αισθητήρα βάρους .....	113
Εικόνα 6.11: Πλαστική βάση.....	113
Εικόνα 6.12: Λαστιχένια βάση .....	113
Εικόνα 6.13: Arduino τρισδιάστατη μορφή .....	119
Σχήμα 6.01: Arduino σχέδιο και διαστασιολόγηση .....	120
Εικόνα 6.14: Αισθητήρας Βάρους.....	121
Εικόνα 6.15: Τυπική δομή σύγκρισης γειτονικών pixel.....	123
Εικόνα 6.16: Σύγκριση εικόνας – τιμών.....	124
Εικόνα 6.17: Εκπαίδευση αλγορίθμου .....	125
Εικόνα 6.18: Αισθητήρας αλκοόλης.....	127
Εικόνα 6.19: Βάση αισθητήρα αλκοόλης.....	127
Εικόνα 6.20: Οθόνη.....	128

Σχήμα 6.02: Οθόνη .....	128
Εικόνα 6.21: Breadboard .....	129
Εικόνα 6.22: Διακόπτης Εκκίνησης .....	130
Εικόνα 6.23: Ηχείο .....	130
Εικόνα 6.24: Καλώδια συνδέσεων.....	131
Εικόνα 6.25: LED λάμπης .....	131
Εικόνα 6.26: Τροφοδοτικό.....	132
Σχήμα 6.03: Τροφοδοτικό.....	132
Εικόνα 6.27: Καλώδιο usb 2.....	133
Εικόνα 6.28: Ρυθμιστής αντίστασης .....	133
Εικόνα 6.29.α: Κομμάτια βάσης.....	137
Εικόνα 6.29.β: Βάση όταν ηλεκτροσυγκολήθηκε .....	138
Εικόνα 6.29.γ: Οπές για την σύνδεση των ποδαρικών .....	138
Εικόνα 6.30: Βάση arduino.....	139
Εικόνα 6.31: Βάση καθίσματος .....	139
Εικόνα 6.32: Βάση breadboard.....	140
Εικόνα 6.33: Βάση οθόνης .....	141
Εικόνα 6.34: Βάση led .....	141
Εικόνα 6.35: Ολοκληρωμένο σύστημα προς χρήση .....	149
Εικόνα 6.36: Αυτόματη φωτογράφιση από την κάμερα.....	159
Εικόνα 6.37: Σύγκριση πιθανών οδηγών .....	160
Εικόνα 6.38: Αποτέλεσμα οδηγού και σύγκληση πιθανότητας.....	160
Εικόνα 6.39: Τοποθέτηση βάρους.....	161
Εικόνα 6.40: Εμφάνιση βάρους στην οθόνη .....	161
Εικόνα 6.41: Διαδικασία μέτρησης αλκοόλης.....	162
Εικόνα 6.42: Επιτρεπτό όριο αλκοόλης.....	162
Εικόνα 6.43: Μη επιτρεπτό όριο αλκοόλης.....	162

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract .....	vii
Κατάλογος γραφημάτων διαγραμμάτων σχημάτων εικόνων και πινάκων.....	ix
Πρόλογος.....	1
Εισαγωγή .....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	5
Αισθητήρες.....	5
1.1 Γενικά.....	5
1.2 Στατικά χαρακτηριστικά αισθητήρων .....	7
1.3 Κατηγορίες αισθητήρων.....	13
1.4 Αισθητήρες και αυτοκίνητο.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....	17
Λειτουργία αισθητήρων.....	17
2.1 Γενικά.....	17
2.2 Είδη θερμομέτρων .....	18
2.3 Θερμοζεύγη .....	18
2.4 Αρχή λειτουργίας.....	19
2.5 Θερμίστορ .....	23
2.6 Θερμικές αντιστάσεις.....	29
2.7 Σύγκριση αισθητήρων θερμοκρασίας.....	30
2.8 Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού.....	31
2.9 Αισθητήρας θερμοκρασίας εξαγόμενου καυσαερίου .....	33
2.10 Αισθητήρας θερμοκρασίας καυσίμου .....	35
2.11 Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής.....	36
2.12 Αισθητήρας θερμοκρασίας λαδιού.....	38
2.13 Αισθητήρας θερμοκρασίας εξάτμισης (evaporator sensor) .....	38
2.14 Αισθητήρας θερμοκρασίας φρέσκου αναρροφούμενου αέρα (integral sensor)...	39
2.15 Αισθητήρας εξωτερικής θερμοκρασίας .....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> .....	41
Αισθητήρες πίεσης .....	41

3.1 Γενικά.....	41
3.2 Χωρητικοί και επαγωγικοί αισθητήρες πίεσης.....	42
3.3 Αισθητήρας πιεζοαντίστασης.....	45
3.4 Κυψέλες φορτίου .....	48
3.5 Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης .....	49
3.6 Αισθητήρας απόλυτης πίεσης (MAP).....	51
3.7 Αισθητήρας πίεσης λαδιού .....	52
3.8 Αισθητήρας πίεσης πίεσης φρένου .....	53
3.9 Αισθητήρας θερμοκρασίας και πίεσης αέρα ελαστικών .....	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> .....	57
Αισθητήρες θέσης ή μετατόπισης εξαρτημάτων .....	57
4.1 Γενικά.....	57
4.2 Επαγωγικοί αισθητήρες μετατόπισης.....	60
4.3 Χωρητικοί αισθητήρες μετατόπισης .....	62
4.4 Επιταχυνσιόμετρα .....	64
4.5 Αισθητήρας HALL.....	67
4.6 Αισθητήρας ταχύτητας στροφών στροφαλοφόρου άξονα.....	71
4.7 Αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου .....	75
4.8 Αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού.....	78
4.9 Αισθητήρας γωνίας περιστροφής τιμονιού .....	80
4.10 Αισθητήρας θέσης μοχλού ταχυτήτων .....	81
4.11 Αισθητήρας θέσης πεντάλ γκαζιού .....	81
4.12 Αισθητήρας γωνίας συστήματος διεύθυνσης.....	81
4.13 Αισθητήρας θέσης πεντάλ φρένου .....	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> .....	83
Αισθητήρες και ασφάλεια.....	83
5.1 Γενικά.....	83
5.2 Ενεργητική ασφάλεια.....	83
5.3 Παθητική ασφάλεια .....	94
5.4 Νέες τεχνολογίες .....	97
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 <sup>ο</sup> .....	107

Αισθητήρας αναγνώρισης οδηγού και ελέγχου νηφαλιότητας του .....	107
6.1 Γενικά.....	107
6.2 Χαρακτηριστικά εξαρτημάτων .....	108
6.4 Μηχανισμοί κατασκευής.....	114
6.5 Μέθοδος κατασκευής .....	136
6.6 Λειτουργία.....	158
6.7 Συσχέτιση τρόπου λειτουργίας με την πραγματική χρήση.....	162
6.8 Αρχικός στόχος .....	163
6.9 Εξέλιξη .....	163
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7° .....	167
Συμπεράσματα .....	167
Σημειώσεις – διευκρινήσεις.....	169
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	171
Παράρτημα.....	175





## Πρόλογος

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά τη χρονική περίοδο 2022 – 2023 στο πλαίσιο του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου.

Το αντικείμενο που μελετήθηκε και κατασκευάστηκε στην παρούσα αυτή εργασία αφορά την μελέτη αισθητήρων αυτοκινήτων καθώς και την μελέτη και κατασκευή αισθητήρα αναγνώρισης οδηγού και ελέγχου νηφαλιότητας του.

Τη σημερινή εποχή ο μεγάλος ανταγωνισμός μεταξύ των υπαρχόντων κατασκευαστών διαφόρων τύπων οχημάτων και μηχανημάτων, οδηγεί στην ενσωμάτωση εντός τους την συνεχόμενη αύξηση πολυσύνθετων συστημάτων. Η τάση αυτή φυσικά συμπεριλαμβάνει κάθε είδους όχημα όπως, επιβατικά αυτοκίνητα, φορτηγά, λεωφορεία, οχήματα δημοσίας χρήσης, φορτηγά μηχανήματα, κάθε είδους μηχανήματα καθώς και μοτοσικλέτες.

Η δημιουργία και οι βελτιώσεις των συστημάτων αυτών τα τελευταία χρόνια έχουν να κάνουν κυρίως με τις ακόλουθες κατηγορίες:

- ❖ Αυξημένη ασφάλεια κατά την οδήγηση
- ❖ Αυξημένη άνεση και λειτουργικότητα
- ❖ Μειωμένη μόλυνσης περιβάλλοντος
- ❖ Μειωμένη κατανάλωση καυσίμου
- ❖ Βελτιωμένες διαγνωστικές λειτουργίες

Για την υλοποίηση βέβαια όλων αυτών προϋπόθεση είναι η συγκεκριμένη λειτουργία στο σωστό χρόνο να δρα λαμβάνοντας ή δίνοντας την σωστή πληροφορία στο υπόλοιπο σύστημα, επεκτείνοντας έτσι την άριστη συνεργασία των μικροσυστημάτων με σκοπό το άρτιο αποτέλεσμα.

Γενικά αποφεύγεται η ανεξάρτητη λειτουργία των επιμέρους μονάδων και συστημάτων. Με την βοήθεια των κατάλληλων διαύλων επικοινωνίας, όλο και περισσότερες συνεργασίες δημιουργούνται μεταξύ των συστημάτων αυτών με αποτέλεσμα να έχουμε την πλήρη δικτύωση των οχημάτων. Αυτό

σταδιακά οδηγεί στην ενημέρωση κάθε μέρους του οχήματος για το τι κάνουν όλα τα υπόλοιπα.

Στην αρχή μελετώνται οι αισθητήρες και οι κατηγορίες των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται σε ένα αυτοκίνητο με σκοπό να ενημερώνουν και να προειδοποιούν τον οδηγό για την κατάσταση του αυτοκινήτου. Έπειτα παρουσιάζεται η διαδικασία για την κατασκευή αισθητήρα αναγνώρισης και ελέγχου νηφαλιότητας οδηγού, με σκοπό την αποτροπή κλοπής ή παράνομης οδήγησης οχήματος καθώς και της αποφυγής υπό την επήρεια αλκοόλης.

Η γενικότερη μεθοδολογία σχεδιασμού και κατασκευής ενός προϊόντος, αποτελεί την καθορισμένη τμηματοποίηση της διαδικασίας μέχρι την ολοκλήρωση του. Τέσσερα είναι τα στάδια τα οποία χωρίζεται μία ολοκληρωμένη κατασκευή. Το στάδιο ένα είναι η σε βάθος κατανόηση του προβλήματος. Το στάδιο δύο αποτελεί την σύλληψη της ιδέας της κατασκευής καθώς και της λειτουργίας της. Το στάδιο τρία απαρτίζεται από το σχεδιασμό και τη μελέτη της κατασκευής, και το τέταρτο και τελευταίο στάδιο αναφέρεται στην τελική επεξεργασία της κατασκευής συνολικά είτε τμηματικά.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Καλαράκη Αλέξανδρο για την καθοδήγηση του καθ' όλη την διάρκεια συγγραφής της εργασίας αυτής. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής μου επιτροπής κ. Μαυρίδη Κωνσταντίνο και τον κ. Διαμαντάκο Ιωάννη. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμερόληπτη συμπαράσταση κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

## Εισαγωγή

Τα σύγχρονα αυτοκίνητα αποτελούν μικρά κινούμενα δίκτυα υπολογιστών, στα οποία οι πάσης φύσεως αισθητήρες αποτελούν τους διαμεσολαβητές με τον πραγματικό κόσμο. Οι αισθητήρες αυτοί των οχημάτων είναι αναγκαίο να ανταποκρίνονται με επιτυχία σε ιδιαίτερα αυστηρές προδιαγραφές και δύσκολα περιβάλλοντα.

Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους. Μετατρέπουν το φυσικό μέγεθος σε ηλεκτρικό σήμα. Το ηλεκτρικό σήμα μπορεί να είναι είτε τάση είτε ρεύμα. Μερικά από τα φυσικά μεγέθη που μετρώνται με αισθητήρες μπορεί να είναι η πίεση, η θερμοκρασία, η δύναμη, η θέση και η μετατόπιση ενός αντικειμένου, η τάση, το ρεύμα και άλλα.

Πριν μερικές δεκαετίες σχεδόν κανένας δεν είχε φανταστεί με πόσο γρήγορους ρυθμούς θα εξελισσόταν η τεχνολογία και πολύ περισσότερο η νανοτεχνολογία και η μικρομηχανική. Έτσι σήμερα με την ραγδαία εξέλιξη όλων αυτών μπορούμε να κάνουμε λόγο για ολοκληρωμένα κυκλώματα και ηλεκτρονικούς αισθητήρες αυτοκινήτου. Αν δεν είχαν αναπτυχθεί κατάλληλα αυτές οι εφαρμογές και οι αντίστοιχες τεχνικές αυτό δεν θα ήταν εφικτό σήμερα.

Σήμερα οι αισθητήρες αναπτύσσονται συνεχώς και μπορούν να προσφέρουν τόσο στον οδηγό όσο και στους υπόλοιπους επιβάτες ενός αυτοκινήτου άνεση, αξιοπιστία, ποιότητα και το σημαντικότερο απ' όλα, ασφάλεια. Βέβαια με την πάροδο του χρόνου και την συνεχόμενη πρόοδο της τεχνολογίας οι αισθητήρες θα μπορούν να προσφέρουν πολλά περισσότερα σ' ένα αυτοκίνητο.

Οι αισθητήρες και ο εγκέφαλος του αυτοκινήτου είναι αντίστοιχοι με τα νεύρα ενός ανθρώπινου σώματος και με τον εγκέφαλό του. Όπως τα νεύρα του ανθρώπου δίνουν εντολές στον εγκέφαλο από διάφορα ερεθίσματα που δέχονται και εκείνος με τη σειρά του δίνει εντολές στο ανθρώπινο σώμα, έτσι και οι αισθητήρες λειτουργούν σαν τα νεύρα του αυτοκινήτου και ο εγκέφαλός του συμπεριφέρεται όπως και ο ανθρώπινος εγκέφαλος.

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα ανήκουν στη μικρομηχανική τεχνολογία. Με την μικρομηχανική τεχνολογία μπορούμε να έχουμε οικονομική παραγωγή αισθητήρων οι οποίοι έχουν αρκετά μικρό βάρος και μικρό μέγεθος. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα τοποθετείται στο εσωτερικό των αισθητήρων και έχει ολοκληρωμένη δομή και μέγεθος.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας δημιουργούνται συνεχώς καινούργιοι αισθητήρες. Σήμερα οι αισθητήρες που υπάρχουν σ' ένα αυτοκίνητο είναι πάρα πολλοί και σκοπό έχουν να παρέχουν πληροφορίες στον οδηγό για την κατάσταση του αυτοκινήτου και σαν αποτέλεσμα να έχουμε μια πιο άνετη και ασφαλέστερη οδήγηση. Βέβαια στο μέλλον θα υπάρχουν πολλοί περισσότεροι αισθητήρες στα αυτοκίνητα που θα «βομβαρδίζουν» συνεχώς τον οδηγό με πληροφορίες, οι οποίες θ' αφορούν τον κινητήρα αλλά και άλλα μέρη του αυτοκινήτου, όπως η μέτρηση πίεσης των ελαστικών, η ανίχνευση βροχής, η μέτρηση της φωτεινότητας του περιβάλλοντος, η ενεργοποίηση των ζωνών ασφαλείας και των αερόσακων και η ενεργοποίηση του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των τροχών. Όλα αυτά δεν θα έχουν σκοπό να αγχώσουν τον οδηγό αλλά να τον βοηθούν να βελτιώνει τον τρόπο που χειρίζεται το αυτοκίνητο και να τον προφυλάσσουν από ατυχήματα που μπορεί να προκληθούν. Εάν όμως η τεχνολογία φτάσει σ' ένα επίπεδο που ο ρόλος του οδηγού θα παραγκωνίζεται, τότε επίδραση των αισθητήρων θα είναι περισσότερο αρνητική παρά θετική.

Η επίδραση της τεχνολογίας στην ζωή των ανθρώπων είναι καθοριστική. Συνήθως τα αποτελέσματα της τεχνολογίας είναι θετικά και διευκολύνουν τους ανθρώπους σε πολλούς τομείς και στην ίδια κατηγορία μέχρι σήμερα ανήκουν και οι αισθητήρες του αυτοκινήτου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### Αισθητήρες

#### 1.1 Γενικά

Όσο η τεχνολογία εξελίσσεται, τόσο θα επεκτείνονται και τα μηχανολογικά, ηλεκτρολογικά και ηλεκτρονικά σε συνδυασμό συστήματα αυτοκίνησης. Η αλληλένδετη ανάγκη ανθρώπων και τεχνολογίας αποτελεί τον μοχλό ασταμάτητης εξέλιξης των συστημάτων αυτών και την εύρεση νέων συστημάτων με σκοπό την προστασία και διευκόλυνση των επιβατών των οχημάτων.

Οι αισθητήρες είναι συσκευές που ανιχνεύουν ένα σήμα ή λαμβάνουν μια διέγερση από το περιβάλλον τους και παράγουν από αυτό μια μετρήσιμη έξοδο. Στην αγγλική ορολογία οι αισθητήρες αναφέρονται με την ονομασία sensors αλλά μπορούμε επίσης να τους βρούμε με τις ονομασίες converters, detectors, transducers. Οι αισθητήρες έχουν διάφορες μορφές ώστε να μπορούν να μετρούν διάφορες φυσικές ποσότητες. Περισσότεροι από 1600 αισθητήρες είναι σήμερα διαθέσιμοι για την μετατροπή ενός φυσικού μεγέθους σε ηλεκτρικό σήμα.

Μερικές από τις φυσικές ποσότητες που συναντώνται συχνά και απαιτούν μέτρηση είναι η ταχύτητα, η θέση, η θερμοκρασία, η δύναμη, η ροή και η στάθμη υγρών, η πίεση και η επιτάχυνση. Η καλύτερη κατανόηση των φυσικών φαινομένων και η ανάπτυξη νέων υλικών, είχε ως αποτέλεσμα την κατασκευή αισθητηρίων με υψηλή ακρίβεια, γρήγορη απόκριση και ευρεία περιοχή μέτρησης. Αξίζει να αναφερθεί ότι συχνά υπάρχει μία σύγχυση και μία ασάφεια όσο αναφορά την διαφορά ενός αισθητήρα από ένα μετατροπέα. Ειδικά στην βιβλιογραφία οι όροι αυτοί χρησιμοποιούνται ελεύθερα και πολλές φορές έχουν την ίδια σημασία.

Ο μετατροπέας όμως έχει μία ελαφρά διαφορά από τον αισθητήρα παρότι αυτοί οι δύο όροι είναι παρόμοιοι. Ο μετατροπέας είναι οποιαδήποτε συσκευή που μετασχηματίζει μία μορφή ενέργειας σε μία άλλη, οπότε ένας

αισθητήρας είναι και μετατροπέας αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι όλοι οι μετατροπείς είναι απαραίτητα και αισθητήρες.

Ένα πολύ απλό παράδειγμα είναι ένας λαμπτήρας πυρακτώσεως ο οποίος μπορεί να χαρακτηριστεί ως μετατροπέας διότι μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα και φωτεινή ενέργεια. Σε καμία περίπτωση όμως δεν μπορεί ένας λαμπτήρας πυρακτώσεως να χαρακτηριστεί ως αισθητήριο όταν ο σκοπός του λαμπτήρα είναι απλά για φωτισμό. Εάν όμως ένας τέτοιος λαμπτήρας χρησιμοποιούνταν για να μας υποδεικνύει αν το κύκλωμα που είναι συνδεδεμένος διαρρέεται από ρεύμα τότε μπορεί να χαρακτηριστεί και σαν αισθητήρας. Αυτό το παράδειγμα είναι χαρακτηριστικό σε ότι αναφορά την διαφορά ανάμεσα στους όρους του μετατροπέα και του αισθητήρα.

Για την επιλογή ενός αισθητήρα οι παράμετροι που ελέγχουμε είναι το κόστος, η ποιότητα, η αξιοπιστία, η καταλληλότητα μορφής αισθητήρα, η γραμμικότητα, η διακριτική ικανότητα, οι συνθήκες λειτουργίας, η ποιότητα της απαιτούμενης πληροφορίας και άλλα πολλά. Η χρήση των αισθητήρων στην αυτοματοποίηση διάφορων συστημάτων, επέφερε πολλά θετικά συνεπακόλουθα όπως π.χ. στον παραγωγικό τομέα:

- Αύξηση της παραγωγικότητας
- Χαμηλό κόστος παραγωγής
- Συνεχή λειτουργία χωρίς λάθη
- Ασφάλεια του προσωπικού και των μηχανημάτων

Οι αισθητήρες γενικά χρησιμοποιούνται για συλλογή πληροφοριών και για έλεγχο συστημάτων. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την συλλογή δεδομένων παρέχουν τις πληροφορίες με σκοπό την γνωστοποίηση τους στον χρήστη, έτσι ώστε αυτός να γνωρίζει την τρέχουσα κατάσταση των παραμέτρων που ελέγχονται καθώς και την εξέλιξη τους.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ελέγχου δεν διαφέρουν από αυτούς που χρησιμοποιούνται για συλλογή πληροφοριών

αλλά διαφέρουν στον τρόπο αξιοποίησης αυτής της πληροφορίας. Το σήμα του αισθητήρα σε ένα σύστημα ελέγχου τροφοδοτεί έναν ελεγκτή, ο οποίος παράγει μία έξοδο η οποία ρυθμίζει την τιμή της υπό μέτρηση παραμέτρου. Ένα παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι το γνωστό ABS (anti-lock brake system) σε ένα αυτοκίνητο.

Θα μπορούσαμε να ορίσουμε τον αισθητήρα ως εξής:

«Αισθητήρας είναι η συσκευή ή μία διάταξη από συσκευές η οποία χρησιμοποιείται για την μέτρηση φυσικών μεγεθών, μετατρέποντας την είσοδο του συστήματος σε μετρούμενο ηλεκτρικό σήμα εξόδου».

Πιο απλά, αισθητήρας είναι μία συσκευή, η οποία λαμβάνει ερέθισμα από το περιβάλλον, παρακολουθεί τη μεταβολή ενός φυσικού μεγέθους μετατρέποντας την σε ηλεκτρικό σήμα, συνήθως σε τάση (Volt) ή σε ένταση (Ampere) ηλεκτρικού ρεύματος. Στη συνέχεια οι καταγραφόμενες μετρήσεις «στέλνονται» στην κεντρική μονάδα ελέγχου του οχήματος ECU (ή εγκέφαλος) για αξιολόγηση και στην συνέχεια γίνονται οι απαραίτητες σύμφωνα με το λαμβάνον σήμα κινήσεις. Οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και είναι απαραίτητοι τόσο σε συστήματα μέτρησης όσο και σε συστήματα ελέγχου.

## 1.2 Στατικά χαρακτηριστικά αισθητήρων

Η επιλογή του κατάλληλου αισθητήρα για κάθε περίπτωση εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα, το κόστος, αλλά και οι περιβαλλοντολογικές παράγοντες. Επίσης σημαντικό είναι τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα να είναι τα κατάλληλα για την ποιότητα της εξόδου που απαιτούμε. Αυτά τα χαρακτηριστικά θα αναλυθούν παρακάτω:

### *Ακρίβεια*

Η ακρίβεια μίας συσκευής ή ενός αισθητήρα είναι ο βαθμός εγγύτητας της τιμής που μετράει με την πραγματική τιμή. Η ακρίβεια σε έναν αισθητήρα εκφράζεται ως σχετική ακρίβεια (όταν αφορά την εγγύτητα της τιμής της

εξόδου με την μετρούμενη τιμή σε απόλυτο νούμερο) , ή ως εκατοστιαία (%) ακρίβεια (όταν αφορά το ποσοστό σε εκατοστιαίες μονάδες).

$$\text{Σχετική Ακρίβεια} = 1 - \left| \frac{r - x}{r} \right| \quad (1.1)$$

$$\text{Εκατοστιαία Ακρίβεια (\%)} = \left[ 1 - \left| \frac{r - x}{r} \right| \right] \cdot 100\% \quad (1.2)$$

όπου:

r= μετρούμενη τιμή (πραγματική)

x= τιμή εξόδου του αισθητήρα

#### Σφάλμα

Το σφάλμα ενός αισθητήρα ή μίας συσκευής είναι η διαφορά ανάμεσα στην έξοδο του αισθητήρα και την πραγματική τιμή και εκφράζεται είτε ως σχετικό σφάλμα είτε ως απόλυτο σφάλμα.

$$\text{Εκατοστιαίο Σχετικό Σφάλμα (\%)} = \left| \frac{r - x}{r} \right| \cdot 100\% \quad (1.3)$$

$$\text{Απόλυτο Σφάλμα} = |r - x| \quad (1.4)$$

#### Βαθμονόμηση

Βαθμονόμηση είναι η διαδικασία με την οποία καθορίζεται η συνάρτηση μεταφοράς ενός αισθητήρα έτσι ώστε να γίνεται η αντιστοίχιση της τιμής του ηλεκτρικού σήματος που έχουμε στην έξοδο με την τιμή του μετρούμενου μεγέθους. Δηλαδή αν έχουμε έναν αισθητήρα που μετράει ταχύτητα, στην έξοδο του αισθητήρα θα έχουμε κάποιο ηλεκτρικό σήμα π.χ. τάση, τότε για να απεικονισθεί στην οθόνη το επιθυμητό μέγεθος, δηλαδή km/h, θα χρειαστεί η συνάρτηση μεταφοράς για να αντιστοιχήσει την τάση (volt) με την ταχύτητα (km/h). Αυτή η διαδικασία λέγεται βαθμονόμηση.

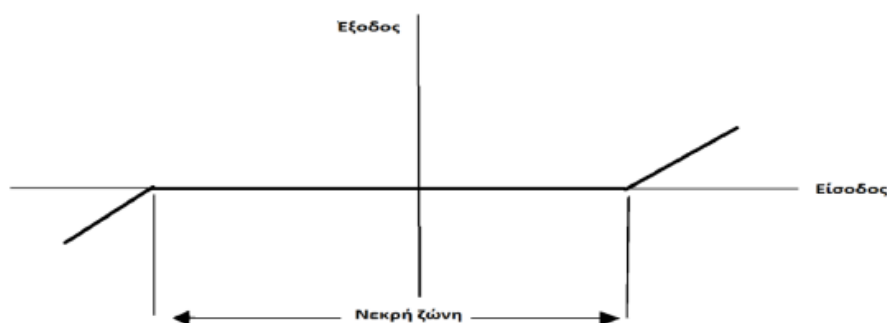


### Ολίσθηση

Η ολίσθηση είναι μία φυσική τάση του αισθητήρα να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του εξαιτίας περιβαλλοντικών συνθηκών π.χ. υψηλές θερμοκρασίες, υγρασία ή εξαιτίας της γήρανσης των υλικών μετά την πάροδο μεγάλου χρονικού διαστήματος. Το αποτέλεσμα της ολίσθησης σε ένα αισθητήρα είναι μία μεταβολή του σήματος στην έξοδο ενώ η είσοδος (δηλαδή το μετρούμενο φυσικό μέγεθος) παραμένει αμετάβλητη.

### Νεκρή ζώνη

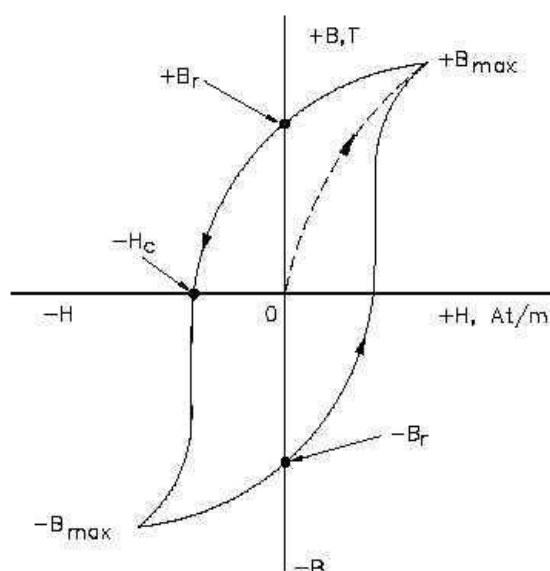
Νεκρή ζώνη (dead zone) σε ένα αισθητήρα ονομάζουμε την περιοχή μετρήσεων για την οποία ο αισθητήρας δεν αποκρίνεται στις μεταβολές της μετρούμενης ποσότητας. Το σχήμα 1.1 παρακάτω δείχνει τα χαρακτηριστικά της νεκρής ζώνης σε έναν αισθητήρα ή σε μία συσκευή.



Διάγραμμα 1.01: Νεκρή ζώνη [1].

### Υστέρηση

Η υστέρηση προκαλεί διαφορές στην έξοδο ενός αισθητήρα όταν η κατεύθυνση μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί, οπότε και παράγεται κάποιο σφάλμα. Η υστέρηση εμφανίζεται σε αισθητήρες που έχουν κινητά μέρη (ρουλεμάν, μηχανικά γρανάζια κ.τ.λ.) και εξαιτίας αυτού επηρεάζονται από τριβή, μαγνητικά φαινόμενα και μηχανική τάση.



Διάγραμμα 1.02: Υστέρηση [1].

#### *Καθυστέρηση*

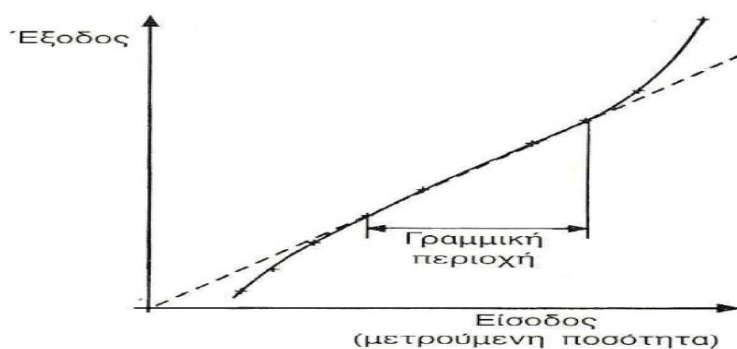
Καθυστέρηση (lag) ονομάζεται η καθυστέρηση της αλλαγής της τιμής εξόδου ενός αισθητήρα ως προς την αλλαγή της εισόδου του (σε seconds ή σε milliseconds).

#### *Χρόνος λειτουργίας*

Χρόνος λειτουργίας ονομάζεται το χρονικό διάστημα εκείνο κατά το οποίο ο αισθητήρας αναμένεται να λειτουργεί στα πλαίσια των προδιαγραφών του. Ο χρόνος λειτουργίας αισθητήρα εκφράζεται σε μονάδες χρόνου ή σε αριθμό κύκλων λειτουργίας.

#### *Γραμμικότητα*

Η γραμμικότητα αποτελεί τον βαθμό, στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου ως προς την είσοδο του αισθητήρα προσεγγίζει μία ευθεία γραμμή. Ένας αισθητήρας μπορεί να είναι γραμμικός σε μία περιοχή τιμών εισόδου και αυτή η γραμμικότητα να εκφράζεται ως ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας. Στην εικόνα 6 φαίνεται η γραμμικότητα και η δυνατότητα ενός αισθητήρα να είναι γραμμικός σε μία περιοχή τιμών της εισόδου.



Διάγραμμα 1.03: Γραμμικότητα αισθητήρα [1].

#### *Ευαισθησία (sensitivity)*

Ευαισθησία ονομάζεται ο λόγος ανάμεσα στην αλλαγή της εξόδου και την αντίστοιχη αλλαγή στην είσοδο. Αναλυτικά η ευαισθησία εκφράζεται με την παρακάτω σχέση:

$$\text{Ευαισθησία} = \frac{(\text{Μέγιστη τιμή εξόδου} - \text{Ελάχιστη τιμή εξόδου})}{(\text{Μέγιστη τιμή εισόδου} - \text{Ελάχιστη τιμή εισόδου})}$$

Αξίζει να αναφερθεί ότι εάν η σχέση ανάμεσα στην μετρούμενη ποσότητα και την έξοδο είναι γραμμική τότε η ευαισθησία είναι σταθερή για όλο το εύρος λειτουργίας. Αυτό όμως δεν συμβαίνει συχνά διότι η σχέση ανάμεσα στην μετρούμενη ποσότητα και την έξοδο είναι συνήθως γραμμική για ένα μόνο μικρό τμήμα της γραφικής ή και καθόλου. Τότε σε αυτή την περίπτωση η ευαισθησία διαφέρει από περιοχή σε περιοχή.

#### *Εύρος λειτουργίας*

Το εύρος λειτουργίας μίας συσκευής ή ενός αισθητήρα είναι τα όρια στα οποία η συσκευή μπορεί να λειτουργεί αξιόπιστα. Το εύρος εκφράζεται με την ελάχιστη και την μέγιστη τιμή που μπορεί να μετρά η συσκευή.

### *Ονομαστική τιμή*

Η ονομαστική τιμή είναι το σύνολο των βέλτιστων συνθηκών υπό τις οποίες ένας αισθητήρας θα λειτουργεί με ασφάλεια και αξιοπιστία. Μετά το πέρας της ονομαστικής τιμής, η ασφάλεια και αξιοπιστία του αισθητήρα δεν υφίσταται στον απόλυτο βαθμό αλλά αρχίζει και φθίνει.

### *Επαναληψιμότητα (precision)*

Η επαναληψιμότητα είναι ο βαθμός κατά τον οποίο ο αισθητήρας παράγει το ίδιο αποτέλεσμα όταν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές τροφοδοτείται με την ίδια είσοδο. Συχνά συγχέεται με την ακρίβεια αλλά η αλήθεια είναι ότι ένας αισθητήρας μπορεί να έχει υψηλή επαναληψιμότητα αλλά χαμηλή ακρίβεια, όπως και το αντίθετο. Μπορεί όμως να έχει και τα δύο αυτά χαρακτηριστικά στον ίδιο βαθμό. Η επαναληψιμότητα εκφράζεται ως ποσοστό αλλά και σαν απόλυτο νούμερο.

### *Αξιοπιστία (reliability)*

Αξιοπιστία ονομάζεται η ικανότητα του αισθητήρα να λειτουργεί μέσα στα πλαίσια των προδιαγραφών του, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και για συγκεκριμένο χρόνο λειτουργίας. Η αξιοπιστία είναι παρεμφερές χαρακτηριστικό με τον χρόνο λειτουργίας.

### *Ευστάθεια (stability)*

Ευστάθεια ονομάζεται το μέτρο μεταβολής της εξόδου ενός αισθητήρα όταν η είσοδος και οι συνθήκες μέτρησης παραμένουν σταθερές για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα.

### *Απόκριση (response)*

Απόκριση ονομάζεται ο χρόνος που απαιτείται για να λάβει η έξοδος του αισθητήρα την τελική της τιμή ενώ η είσοδος είναι δεδομένη. Για παράδειγμα όταν έχουμε απόκριση  $98\%=2 \text{ sec}$ , τότε χρειάζονται  $2 \text{ seconds}$  για να φτάσει η έξοδος στο  $98\%$  της τελικής της τιμής.

#### *Διακριτική ικανότητα (resolution)*

Διακριτική ικανότητα ονομάζεται η μικρότερη αλλαγή στην είσοδο που μπορεί να ανιχνεύσει ο αισθητήρας. Η διακριτική ικανότητα όσο πιο μεγάλη είναι τόσο πιο μικρό είναι το βήμα που μπορεί να μετρήσει ο αισθητήρας.

#### *Ανοχή (tolerance)*

Ανοχή ονομάζεται το μέγιστο ποσοστό σφάλματος που μπορεί να υπάρξει κατά την διάρκεια λειτουργίας ενός αισθητήρα.

#### *Στατικό σφάλμα*

Στατικό σφάλμα ονομάζεται ένα σταθερό σφάλμα το οποίο υπάρχει σε όλο το εύρος τιμών εισόδου ενός αισθητήρα. Μπορεί να αντιμετωπιστεί και να αντισταθμιστεί το στατικό σφάλμα εάν είναι γνωστό, χωρίς να υπάρξει υποβάθμιση της ακρίβειας του αισθητήρα.

### **1.3 Κατηγορίες αισθητήρων**

Οι αισθητήρες που υπάρχουν σήμερα είναι χιλιάδες και χρησιμοποιούνται για πάρα πολλές και διάφορες εφαρμογές. Όπως είναι φυσικό έχει παραστεί η ανάγκη για κατηγοριοποίηση των αισθητήρων, έτσι ώστε να είναι πιο εύκολο στον καθένα να βρει τον κατάλληλο αισθητήρα για την εφαρμογή που θέλει με τα χαρακτηριστικά που θέλει.

Για αυτόν το λόγο υπάρχουν αρκετές κατηγορίες αισθητήρων. Η κατηγοριοποίηση και ταξινόμηση των αισθητήρων γίνεται με βάση πολλά κριτήρια όπως:

1. Εάν υπάρχει επαφή του αισθητήρα με το υπό μέτρηση μέγεθος ή όχι. Εάν υπάρχει επαφή ονομάζονται αισθητήρες επαφής ενώ στην αντίθετη περίπτωση ονομάζονται αισθητήρες μη επαφής.
2. Ανάλογα με την μεταβολή ένδειξης του αισθητήρα. Δηλαδή εάν ο αισθητήρας παράγει συνεχώς μεταβαλλόμενα σήματα τάσης με μία πληθώρα διαφορετικών τιμών, τότε ονομάζεται αναλογικός αισθητήρας. Εάν όμως ο

αισθητήρας παράγει ψηφιακό σήμα, δηλαδή οι τιμές τάσης που μπορεί να παράγει είναι μόνο δύο (π.χ. 0–1V ή 0-5V) τότε ονομάζεται ψηφιακός.

3. Ανάλογα με την αρχή λειτουργίας του αισθητήρα. Σε αυτή την κατηγορία μπορεί να διακρίνει κανείς αισθητήρες θερμικούς, μαγνητικούς, οπτικούς, πιεζοηλεκτρικούς, ηλεκτρομαγνητικούς, επαγωγικούς, χωρητικούς κ.τ.λ.

4. Ανάλογα με το αν απαιτείται χρήση εξωτερικής πηγής ηλεκτρικής ενέργειας για την λειτουργία του αισθητήρα ή όχι. Ενεργητικοί αισθητήρες ονομάζονται αυτοί που απαιτούν εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για να λειτουργήσουν, ενώ αυτοί που δεν απαιτούν εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για την λειτουργία τους ονομάζονται παθητικοί.

Ο ενεργός αισθητήρας έχει δύο εισόδους και μία έξοδο. Η μία είσοδος είναι η είσοδος του υπό μέτρηση μεγέθους και η άλλη είναι η είσοδος της εξωτερικής πηγής (διέγερσης). Η έξοδος, είναι η έξοδος του σήματος που είναι το αποτέλεσμα που δημιουργείται από το υπό μέτρηση μέγεθος. Ενεργοί αισθητήρες ή μετατροπείς, είναι η θερμοαντίσταση, το θερμίστορ, το ποτενσιόμετρο κ.τ.λ.

Ένας αισθητήρας ονομάζεται παθητικός όταν δεν απαιτείται για την λειτουργία του εξωτερική πηγή ενέργειας, αλλά η ενέργεια που απορροφάται από το μετρούμενο σύστημα μετατρέπεται σε ενέργεια εξόδου. Προφανώς ο παθητικός μετατροπέας έχει μία είσοδο και μία έξοδο. Αυτού του τύπου οι μετατροπείς παράγουν χαμηλής ισχύος σήματα διότι η ισχύς εισόδου είναι μικρή και γι' αυτό απαιτείται συνήθως ενίσχυση του σήματος τους. Κάποια παραδείγματα παθητικών μετατροπέων είναι η δίοδος φωτοβολταϊκού τύπου και το θερμοζεύγος.

#### 1.4 Αισθητήρες και αυτοκίνητο

Ο ρόλος των διαφόρων αισθητήρων στο αυτοκίνητο είναι η απόκτηση πληροφοριών για τα συστήματά του και το εξωτερικό περιβάλλον με σκοπό την αντιμετώπιση μεταβολών και απρόβλεπτων καταστάσεων (δράση) και την επαλήθευση της ποιότητας (ανάδραση).

Οι αισθητήρες ενός αυτοκινήτου είναι αναγκασμένοι να λειτουργούν στο εξωτερικό περιβάλλον και να δέχονται επιδράσεις από διάφορους παράγοντες. Αν οι εξωτερικοί αυτοί παράγοντες άλλαζαν τις ιδιότητες των αισθητήρων, τότε οι πληροφορίες του μικροϋπολογιστή θα ήταν λανθασμένες και οι αποφάσεις του δεν θα ήταν οι κατάλληλες.

Έτσι, οι κατασκευαστές αισθητήρων λαμβάνουν πάντα υπόψη τους τις επιδράσεις του περιβάλλοντος πάνω στη λειτουργία και την απόδοση του αισθητήρα. Τέτοιοι παράγοντες επίδρασης του περιβάλλοντος είναι [2]:

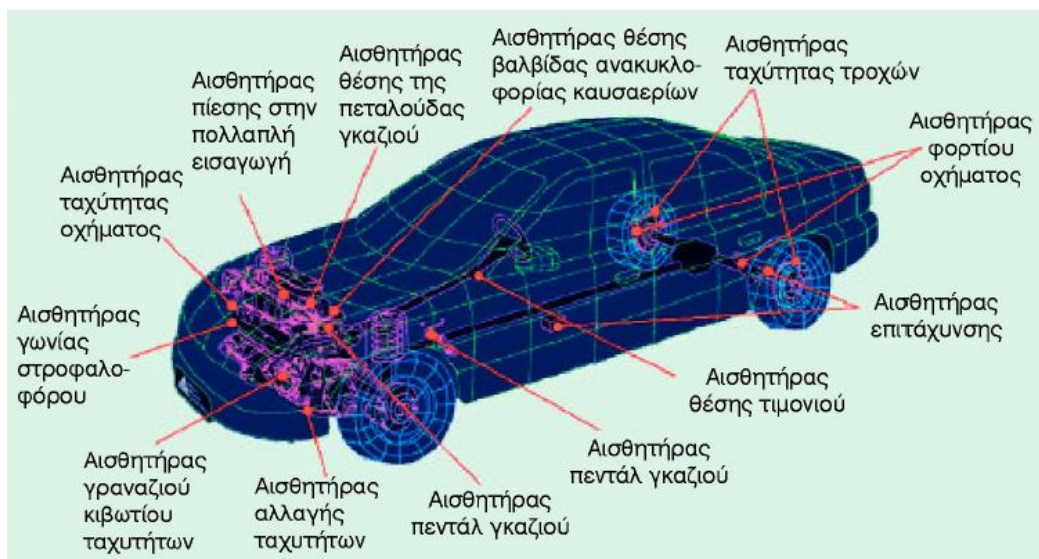
- ❖ Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος
- ❖ Οι δονήσεις και τα κτυπήματα στην περιοχή στήριξης του αισθητήρα
- ❖ Σκόνη και ξένα σώματα πάνω στις αισθητήριες επιφάνειες
- ❖ Υγρασία και νερό στο σώμα και τις συνδέσεις του αισθητήρα
- ❖ Επίδραση χημικών ουσιών (π.χ. αντιπηκτικό υγρό) στον αισθητήρα
- ❖ Παρεμβολές στο σήμα εξόδου από γειτονικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Τα σημερινά προηγμένα συστήματα ελέγχου των αυτοκινήτων απαιτούν ένα μεγάλο αριθμό σημάτων εισόδου έξυπνων αισθητήρων για να ικανοποιήσουν τις υψηλές απαιτήσεις συμπεριφοράς και αξιοπιστίας των αυτοκινήτων. Αυτοί οι αισθητήρες πρέπει να έχουν υψηλές προδιαγραφές, συστήματα προστασίας και αυτό-διάγνωσης, σε συνδυασμό με πολύ χαμηλό κόστος κατασκευής.

Στο σχήμα 1.4 φαίνεται η ποικιλία των αισθητήρων που υπάρχουν στο σύγχρονο αυτοκίνητο. Ο αριθμός τους ξεπερνά τους 25. Ανάλογα με τη χρήση τους οι αισθητήρες του αυτοκινήτου διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- ❖ Αισθητήρες θερμοκρασίας
- ❖ Αισθητήρες πίεσης
- ❖ Αισθητήρες ταχύτητας στροφών και γωνίας περιστροφικής κίνησης
- ❖ Αισθητήρες θέσης ή μετατόπισης εξαρτημάτων
- ❖ Αισθητήρες ροής-μάζας υγρών ή αερίων

- ❖ Αισθητήρες κινητικής κατάστασης οχήματος (επιτάχυνση κ.τ.λ.)
- ❖ Αισθητήρες οξυγόνου και σύστασης καυσαερίων
- ❖ Αισθητήρες κτυπήματος εκτόνωσης (πειράκια)
- ❖ Αισθητήρες για μετρητές ενδεικτικών οργάνων.



Εικόνα 1.01: Διάφοροι αισθητήρες στο σύγχρονο αυτοκίνητο [2].



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### Λειτουργία αισθητήρων

#### 2.1 Γενικά

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας είναι μετρητές ενός πολύ σημαντικού μεγέθους όπως είναι η θερμοκρασία. Όταν αυτό το μέγεθος αφορά μηχανές και στην περίπτωση μας κινητήρες, τότε μπορεί ο οποιοσδήποτε να καταλάβει την σημασία της μέτρησης και ελέγχου αυτού του μεγέθους. Στην περίπτωση του κινητήρα και γενικότερα του αυτοκινήτου ο έλεγχος και η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται συνεχώς ενώ η θερμοκρασία που μετριέται αφορά κυρίως υγρά και αέρια.

Γενικά η θερμοκρασία είναι κριτήριο για την ομαλή λειτουργία του αυτοκινήτου, καθώς η πολύ υψηλή θερμοκρασία θεωρείται προάγγελος βλαβών λόγω υπερθέρμανσης ενώ επίσης θεωρείται και μία από τις αιτίες για την παραγωγή βλαβερών καυσαερίων. Επίσης και η χαμηλή θερμοκρασία του κινητήρα πρέπει να ελέγχεται διότι ένας κρύος κινητήρας χρειάζεται ειδικές ρυθμίσεις για την λειτουργία και εκκίνηση του. Γι' αυτούς τους λόγους είναι απαραίτητο να πληροφορείται η ECU (Engine Control Unit, μονάδα ελέγχου κινητήρα) για τις θερμοκρασίες των επιμέρους τμημάτων ώστε να ρυθμίζει παραμέτρους που αφορούν: χρονισμό, ενεργοποίηση συστημάτων ψύξης κινητήρα, ενεργοποίηση συστήματος ανακυκλοφορίας καυσαερίων, εμπλουτισμό μείγματος αέρα-καυσίμου και άλλα πολλά. Ενδεικτικά, κάποια αισθητήρια που αφορούν την μέτρηση θερμοκρασιών του κινητήρα είναι:

- Αισθητήριο θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού
- Αισθητήριο θερμοκρασίας εξαγομένων καυσαερίων
- Αισθητήριο θερμοκρασίας καυσίμου
- Αισθητήριο θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής
- Αισθητήριο θερμοκρασίας λαδιού

## 2.2 Είδη θερμομέτρων

Τα διάφορα θερμομέτρα στηρίζονται στην αλλαγή λόγω της θερμοκρασίας κάποιας χαρακτηριστικής ιδιότητας ενός επιλεγμένου υλικού. Οι ιδιότητες που μπορούν να αξιοποιηθούν για τη μέτρηση της θερμοκρασίας είναι εν γένει οι ακόλουθες:

1. Η γραμμική διαστολή ενός υγρού
2. Η γραμμική διαστολή ενός μετάλλου
3. Η ηλεκτρική αντίσταση ενός μετάλλου
4. Το φαινόμενο του θερμοηλεκτρισμού (ή θερμοηλεκτρικό φαινόμενο)
5. Η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα θερμό σώμα

Την ιδιότητα της γραμμικής διαστολής αξιοποιούν τα γνωστά θερμομέτρα υδραργύρου, τα μεταλλικά θερμομέτρα κ.ά. Είναι όμως δύσκολο αυτή να μετατραπεί σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο να μπορεί να ψηφιοποιηθεί κατάλληλα. Η ιδιότητα της ηλεκτρικής αντίστασης είναι πιο εύχρηστη, καθώς είναι εύκολο να δημιουργηθεί μία ηλεκτρική τάση, η οποία να μεταβάλλεται ανάλογα με την ηλεκτρική αντίσταση. Το θερμοηλεκτρικό φαινόμενο οδηγεί επίσης στην εμφάνιση μίας ηλεκτρικής τάσης.

Στις επόμενες ενότητες θα περιγράψουμε τους βασικούς αισθητήρες που αξιοποιούν τις ιδιότητες (3) και (4), που είναι τα θερμίστορ και τα θερμοζεύγη.

## 2.3 Θερμοζεύγη

Τα θερμοηλεκτρικά ζεύγη ή θερμοζεύγη (thermocouples) αποτελούν ένα εξαιρετικά διαδεδομένο είδος ανιχνευτών θερμοκρασίας, υψηλής ακρίβειας και χαμηλού κόστους. Αποτελούνται από δύο σύρματα διαφορετικών μετάλλων, τα οποία είναι ενωμένα σε δύο σημεία.

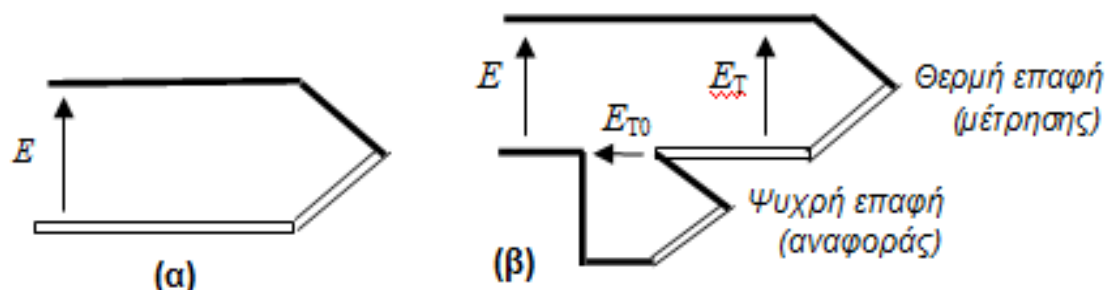
## 2.4 Αρχή Λειτουργίας

Η λειτουργία των θερμοζευγών στηρίζεται στο φαινόμενο του θερμοηλεκτρισμού (thermoelectricity), ή αλλιώς φαινόμενο Seebeck (Seebeck effect). Ειδικότερα, όταν δύο διαφορετικά μέταλλα ενώνονται σε ένα σημείο, τότε στο σημείο αυτό αναπτύσσεται μία τάση, η οποία λέγεται θερμοηλεκτρική τάση ή δυναμικό επαφής (contact potential) και οφείλεται στο διαφορετικό έργο εξόδου των μετάλλων. Έργο εξόδου είναι η ενέργεια που πρέπει να δοθεί σε ένα ηλεκτρόνιο του μετάλλου ώστε αυτό να ξεφύγει από την έλξη των θετικών ιόντων του μεταλλικού πλέγματος.

Έτσι, ανάμεσα στα ελεύθερα άκρα των συνδεδεμένων μεταλλικών συρμάτων (Σχήμα 2.1) αναπτύσσεται μία τάση  $E$ . Η τιμή της τάσης αυτής όμως εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Έτσι, εάν τα δύο μεταλλικά σύρματα ενωθούν σε δύο σημεία που ευρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία, θα δημιουργηθούν δύο θερμοηλεκτρικές τάσεις διαφορετικής τιμής. Η διαφορά των δύο τιμών είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας των δύο σημείων.

Η δομή ενός θερμοζεύγους εικονίζεται στο Σχήμα 2.1(β). Παρατηρούμε ότι υπάρχουν δύο σημεία επαφής: Το άνω σημείο, που ονομάζεται θερμή επαφή (hot junction), τοποθετείται στο αντικείμενο, του οποίου τη θερμοκρασία  $T$  θέλουμε να μετρήσουμε, και αναπτύσσεται σε αυτό μία θερμοηλεκτρική τάση  $E_T$ . Το άλλο σημείο (η κάτω επαφή του σχήματος) ονομάζεται επαφή αναφοράς (reference junction) ή ψυχρή επαφή (cold junction) και τοποθετείται σε ένα χώρο σταθερής θερμοκρασίας (π.χ. σε θερμοκρασία περιβάλλοντος  $T_0$ ). Στα άκρα του αναπτύσσεται μία θερμοηλεκτρική τάση  $E_{T_0}$ . Λόγω της τοποθέτησης των μεταλλικών συρμάτων, οι τάσεις  $E_T$  και  $E_{T_0}$  έχουν αντίθετη πολικότητα, και έτσι στα άκρα του θερμοζεύγους αναπτύσσεται η διαφορά δυναμικού:

$$E = E_T - E_{T_0} \quad (2.1)$$



Σχήμα 2.01: (α) Εμφάνιση θερμοηλεκτρικής τάσης όταν δύο μέταλλα ενώνονται. (β) Δομή ενός θερμοζεύγους. Διακρίνονται η θερμή επαφή και η ψυχρή επαφή και σημειώνονται οι τάσεις που αναπτύσσονται σε αυτά τα σημεία [4].

Η θερμοηλεκτρική τάση  $E$  δεν είναι ευθέως ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας  $(T - T_0)$  αλλά σε συγκεκριμένες, στενές περιοχές θερμοκρασιών  $T$  μπορεί να θεωρηθεί χωρίς σφάλμα ότι είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας. Συνήθως ανατρέχουμε σε πίνακες, οι οποίοι αναγράφουν τη διαφορά τάσης  $E$  που αντιστοιχεί σε ποικίλες διαφορές θερμοκρασίας  $(T - T_0)$  για ποικίλες θερμοκρασίες αναφοράς  $T_0$ .

#### *Είδη Θερμοζευγών*

Τα θερμοζεύγη κατασκευάζονται από επιλεγμένα μέταλλα ή κράματα μετάλλων, τα οποία αναπτύσσουν όχι υψηλή απόλυτη τιμή θερμοηλεκτρικής τάσης αλλά θερμοηλεκτρική τάση που μεταβάλλεται ισχυρά με τη θερμοκρασία. Ονομάζονται από τα ονόματα των δύο μετάλλων ή κραμάτων, και αναφέρεται πρώτο το μέταλλο που γίνεται θετικότερο (και άρα αποτελεί το θετικό πόλο της θερμοηλεκτρικής τάσης). Το καλώδιο που καλύπτει το αρνητικό μέταλλο έχει πάντοτε κόκκινο χρώμα.

Τα πιο διαδεδομένα είδη θερμοζευγών είναι τα ακόλουθα:

### **1. Σιδήρου - Κωνσταντάνης (*iron-constantan*) ή Τύπου J**

Οι ακροδέκτες έχουν χρώματα λευκό και κόκκινο. Αναπτύσσει θερμοηλεκτρική τάση περίπου  $50 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ . Το καλώδιο σιδήρου είναι μαγνητικό. Οι επαφές γίνονται με συγκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση χρησιμοποιώντας συνηθισμένα μέσα συγκόλλησης (η κωνσταντάνη είναι κράμα χαλκού/νικελίου).

### **2. Νικελίου/Χρωμίου - Νικελίου/Αλουμινίου (*chromel-alumel*) ή Τύπου K**

Οι ακροδέκτες έχουν χρώματα κίτρινο και κόκκινο. Αναπτύσσει θερμοηλεκτρική τάση περίπου  $40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ . Το καλώδιο από το κράμα *alumel* (νικελίου/αλουμινίου) είναι μαγνητικό. Οι επαφές γίνονται με συγκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση και απαιτούνται ειδικά μέσα συγκόλλησης (άργυρος, ρέοντα υγρά). Το θερμοζεύγος αυτό δημιουργεί ηλεκτρικά σήματα όταν τα καλώδιά του κάμπτονται και έτσι δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε δονούμενα συστήματα, εκτός και αν χρησιμοποιείται κάποιο σύστημα αντιστάθμισης της μηχανικής τάσης.

### **3. Χαλκού - Κωνσταντάνης (*copper-constantan*) ή Τύπου T**

Οι ακροδέκτες έχουν χρώματα μπλε και κόκκινο. Αναπτύσσει θερμοηλεκτρική τάση περίπου  $40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ . Κανένα καλώδιο δεν είναι μαγνητικό. Οι επαφές γίνονται με συγκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση χρησιμοποιώντας συνηθισμένα μέσα συγκόλλησης. Το θερμοζεύγος αυτό εμφανίζει σφάλματα στην αγωγή του ρεύματος επειδή ο χαλκός έχει υψηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται, εκτός εάν μεγάλα μήκη καλωδίου (100 έως 200 φορές η διάμετρος) τίθενται σε περιβάλλον σταθερής θερμοκρασίας

Τα είδη των θερμοζευγών που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο αναγράφονται στον Πίνακα 2.01.

Είδος Θερμοζεύγους	Θετικό άκρο (+)	Αρνητικό άκρο (-)	Περιοχή Λειτουργίας
<b>B</b>	Λευκόχρυσος 30% Ρόδιο	Λευκόχρυσος 6% Ρόδιο	1370 – 1700 °C
<b>C</b>	W5Re (Βολφράμιο 5% Ρήνιο)	W26Re (Βολφράμιο 26% Ρήνιο)	1650 – 2315 °C
<b>E</b>	Chromel	Κονσταντάνη	95 – 900 °C
<b>J</b>	Σίδηρος	Κονσταντάνη	95 – 760 °C
<b>K</b>	Chromel	Alumel	95 – 1260 °C
<b>N</b>	Nicrosil	Nisil	650 – 1260 °C
<b>R</b>	Λευκόχρυσος 13% Ρόδιο	Λευκόχρυσος	870 – 1450 °C
<b>S</b>	Λευκόχρυσος 10% Ρόδιο	Λευκόχρυσος	980 – 1450 °C
<b>T</b>	Χαλκός	Κονσταντάνη	-200 – 350 °C

Πίνακας 2.01: Είδη θερμοζευγών και περιοχές λειτουργίας τους [4].

Τα θερμοζεύγη χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές που εκτείνονται από βιομηχανικές και επιστημονικές έως ιατρικές. Έτσι, χρησιμοποιούνται σε διάφορα περιβάλλοντα, όπως σε κλιβάνους, θαλάμους ψύξης, πυρηνικούς αντιδραστήρες αλλά και εγχειρήσεις για την παρακολούθηση της εσωτερικής θερμοκρασίας οργάνων. Αυτό συμβαίνει επειδή το θερμοζεύγος συνίσταται στην ουσία σε μία επαφή δύο μετάλλων, που μπορεί να λάβει μικροσκοπικές διαστάσεις και να κατευθυνθεί με τη βοήθεια δύο ευλύγιστων καλωδίων σε οποιοδήποτε σημείο μας ενδιαφέρει. Γι' αυτό αποτελούν μία από τις πρώτες επιλογές για τη μέτρηση θερμοκρασιών.



Εικόνα 2.01: Το θερμοζεύγος (thermocouple) [1].

## 2.5 Θερμίστορ

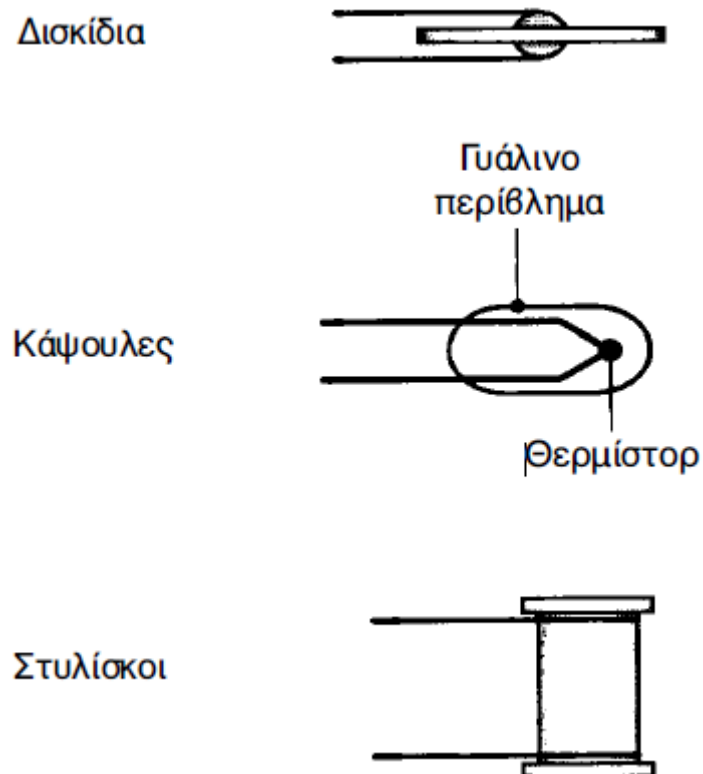
### *Αρχή Λειτουργίας*

Οι μεταβολές της τιμής της αντίστασης των θερμομέτρων ηλεκτρικής αντίστασης είναι σχετικά μικρές και έτσι δε μπορούν να αξιοποιηθούν για τη μέτρηση μικρών μεταβολών θερμοκρασίας με ακρίβεια και να λειτουργήσουν ως διακόπτες. Τα θερμίστορ είναι και αυτά αντιστάσεις, των οποίων η τιμή μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία, αλλά εμφανίζουν μεγάλες μεταβολές στην τιμή της αντίστασης. Τα θερμίστορ είναι κατασκευασμένα από οξειδία των μεταβατικών μετάλλων της σειράς του σιδήρου, όπως το χρώμιο, το μαγγάνιο, ο σίδηρος, το κοβάλτιο και το νικέλιο.

Η αντίστασή τους μεταβάλλεται ισχυρά με τη θερμοκρασία αλλά έχει υψηλά όρια ανοχής, με αποτέλεσμα οι μετρήσεις θερμοκρασίας να μην έχουν την ακρίβεια άλλων μεθόδων. Από την άλλη πλευρά, η ισχυρή μεταβολή της αντίστασης επιτρέπει τη χρήση των θερμίστορ ως διακοπών ή περιοριστών ρεύματος. Τα θερμίστορ αποτελούν μία εξαιρετικά διαδεδομένη και οικονομική επιλογή για τη μέτρηση θερμοκρασιών.

Υπάρχουν δύο είδη θερμίστορ, τα NTC (negative temperature coefficient, αρνητικού θερμοκρασιακού συντελεστή) και τα PTC (positive temperature coefficient, θετικού θερμοκρασιακού συντελεστή). Στα NTC η αντίσταση μειώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, ενώ στα PTC η

αντίσταση αυξάνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία. Με βάση τα θερμίστορ έχουν κατασκευαστεί και κινητοί ανιχνευτές θερμοκρασίας (temperature probes). Τα θερμίστορ διατίθενται σε πολλές μορφές, όπως δισκίδια, κάψουλες και στυλίσκοι, όπως εικονίζεται στο Σχήμα 2.03. Τυπικά θερμίστορ που διατίθενται στο εμπόριο εικονίζονται στο Σχήμα 2.04.



Σχήμα 2.02: Διάφορες μορφές θερμίστορ [7].





Εικόνα 2.02: Τυπικά θερμίστορ του εμπορίου της εταιρείας Therm-O-Disk [4].

#### *Θερμίστορ NTC*

Τα θερμίστορ NTC εμφανίζουν μεγάλες μεταβολές αντίστασης όταν υφίστανται μικρές μεταβολές θερμοκρασίας. Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση θερμοκρασιών μεταξύ  $-100$  και  $300$  °C. Η μεταβολή της αντίστασής τους καθορίζεται από το πηλίκο της αντίστασης στους  $25$  °C προς την αντίσταση στους  $125$  °C και είναι, ανάλογα με το μοντέλο, της τάξης του 20 έως 40. Αυτό σημαίνει ότι η αντίσταση σε θερμοκρασία  $125$  °C γίνεται από 20 έως 40 φορές μικρότερη της αντίστασης σε θερμοκρασία δωματίου. Οι ανοχές των θερμίστορ (της τάξης του 5%, ανάλογα με τη θερμοκρασία) είναι πολύ υψηλότερες από αυτές των θερμοηλεκτρικών αντιστάσεων. Τα θερμίστορ εμφανίζουν υψηλή χρονική σταθερότητα και η τιμή της αντίστασής τους στους  $100$  °C μεταβάλλεται μετά από 1000 ώρες λειτουργίας κατά ποσοστό της τάξης του 0.1%. Σήμερα διατίθενται θερμίστορ με διάφορες τιμές αντίστασης, από  $500 \Omega$  έως  $10 M\Omega$  σε θερμοκρασία δωματίου. Τα θερμίστορ NTC κατασκευάζονται σε μορφή ράβδου, δίσκου ή κάψουλας,

Η εξάρτηση της αντίστασης από τη θερμοκρασία στα θερμίστορ NTC έχει τη γενική μορφή [4].

$$R_T = R_{T_0} e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)} \quad (2.1)$$

όπου

$T$  είναι η θερμοκρασία μέτρησης σε βαθμούς Κέλβιν.

$T_0$  μία θερμοκρασία αναφοράς (συνήθως οι 298 Κ, που αντιπροσωπεύουν τους 25 °C).

Ενώ  $R_T$  και  $R_{T_0}$  είναι οι τιμές της αντίστασης του θερμίστορ NTC στις παραπάνω θερμοκρασίες.

Η παραπάνω σχέση δεν είναι στην πράξη χρήσιμη, επειδή στην ουσία επιθυμούμε να προσδιορίσουμε την τιμή  $T$  και γνωρίζουμε τις άλλες τρεις ποσότητες. Έτσι λύνοντας την εξίσωση ως προς  $T$  προκύπτει ο ακόλουθος τύπος του Steinhart που αναφέρεται στα θερμίστορ NTC [4].

$$\frac{1}{T} = a + b (\ln R) + c (\ln R)^3 \quad (2.2)$$

Στον τύπο αυτό η θερμοκρασία  $T$  προκύπτει σε βαθμούς Κέλβιν. Οι ποσότητες  $a$ ,  $b$  και  $c$  είναι συντελεστές που αναφέρονται στο συγκεκριμένο θερμίστορ που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, σε ένα απλό θερμίστορ, όπως το μοντέλο P1H103T της εταιρείας Therm-O-Disk [4] που έχει αντίσταση  $10 \text{ k}\Omega \pm 2\%$  στους 25 °C, οι συντελεστές  $a$ ,  $b$  και  $c$  έχουν τις τιμές που φαίνονται στον πίνακα 2.2.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (Ω)
0	32 654
10	19 903
20	12 493
30	8 056
40	5 327
50	3 603
70	1 752
100	680

Πίνακας 2.02: Τιμές θερμοκρασίας - αντίστασης του θερμίστορ NTC P1H103T της εταιρείας Therm-O-Disk [4].

**P1H103T:**

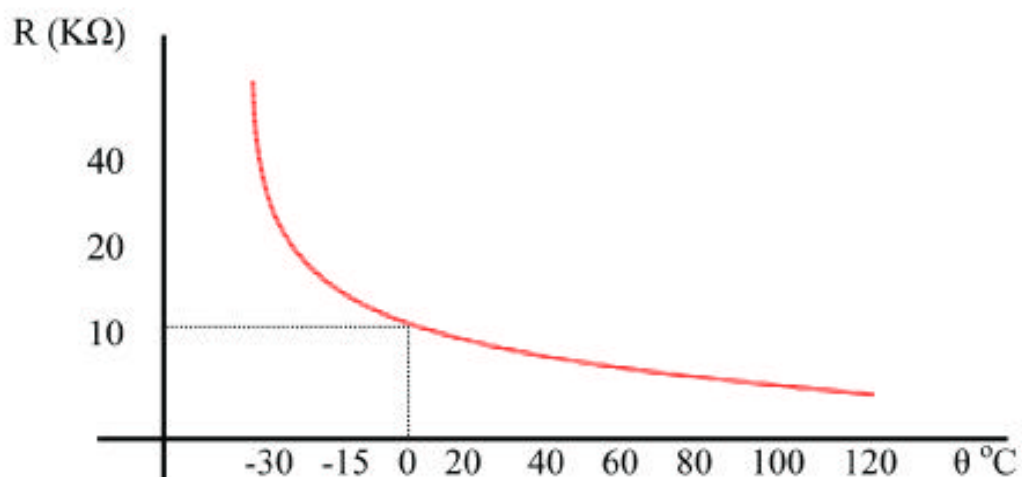
$$a = 1.125190920 \times 10^{-3}$$
$$b = 2.347363293 \times 10^{-4}$$
$$c = 8.551343472 \times 10^{-8}$$

Με βάση τις παραπάνω τιμές, η ακρίβεια στον υπολογισμό της θερμοκρασίας από τον τύπο του Steinhart δίνει ακρίβεια καλύτερη από 0.05 °C στην περιοχή θερμοκρασιών 0 – 100 °C. Ο πίνακας τιμών θερμοκρασίας - αντίστασης του θερμίστορ NTC P1H103T στην παραπάνω περιοχή θερμοκρασιών παρουσιάζεται επίσης στον Πίνακα 2.02.

Τα θερμίστορ εμφανίζουν φαινόμενο αυτοθέρμανσης (self-heating effect), δηλαδή η θερμοκρασία τους αυξάνεται όταν διαρρέονται από ρεύμα. Η αύξηση αυτή είναι της τάξης του ενός βαθμού Κελσίου (1°C) ανά 7 mW ηλεκτρικής ισχύος στο εσωτερικό τους.

Τα θερμίστορ NTC σε μορφή δίσκου εμφανίζουν υψηλή αποβολή θερμότητας και διαχείριση ισχύος λόγω του σχήματός τους, που έχει μεγάλη εξωτερική επιφάνεια, και ενδείκνυνται για χρήση όταν δεν απαιτείται η χρήση θερμίστορ πολύ μικρών διαστάσεων. Τα θερμίστορ αυτά μπορούν να διαθέτουν διηλεκτρική επικάλυψη υψηλής μόνωσης όταν είναι ανάγκη να υπάρχει ηλεκτρική μόνωση. Διατίθενται δύο επικαλύψεις, ανάλογα με τη μέγιστη μετρούμενη θερμοκρασία:

- ❖ Εποξική επικάλυψη (epoxy coating) για θερμοκρασίες έως 150 °C και
- ❖ ελαστική επικάλυψη σιλικόνης (silicon rubber coating) για θερμοκρασίες έως 250 °C.



Γράφημα 2.01: Χααρακτηριστική καμπύλη αντίστασης θερμίστορ συναρτήσεϊ της θερμοκρασίας [3].

Η μη γραμμική σχέση της αντίστασης του θερμίστορ NTC με τη θερμοκρασία αποθαρρύνει συχνά τη χρήση των θερμίστορ σε εφαρμογές. Η μη γραμμικότητα μπορεί να αντιμετωπιστεί επιτυχώς κατά την επεξεργασία των μετρήσεων αντίστασης αλλά και από το κύκλωμα λήψης μετρήσεων καθαυτό:

Όσον αφορά το πρώτο σκέλος, μπορούμε να απαλείψουμε τη μη γραμμικότητα με τη βοήθεια της σχέσης του Steinhart που περιγράψαμε παραπάνω.

Όσον αφορά το δεύτερο σκέλος, λαμβάνουμε υπόψη ότι τα θερμίστορ συνδέονται συνήθως σε ένα βραχίονα μίας γέφυρας Wheatstone. Η έξοδος της γέφυρας μπορεί να γραμμικοποιηθεί με έναν απλό διαιρέτη τάσης (ο οποίος γραμμικοποιεί την τάση εξόδου ως προς τη θερμοκρασία) ή με μία αντίσταση συνδεδεμένη παράλληλα με το θερμίστορ (η οποία γραμμικοποιεί την αντίσταση ως προς τη θερμοκρασία). Η γραμμικοποίηση που

επιτυγχάνεται είναι καλύτερη από 0.5% όταν το εύρος των μετρούμενων θερμοκρασιών είναι μικρότερο από 50 °C.

### *Θερμίστορ PTC*

Τα θερμίστορ τύπου PTC έχουν αντίσταση που αυξάνει με τη θερμοκρασία, και ειδικότερα μεταπίπτουν από μία κατάσταση χαμηλής αντίστασης σε μία κατάσταση υψηλής αντίστασης όταν η θερμοκρασία ανέλθει σε μία συγκεκριμένη τιμή. Έτσι χρησιμοποιούνται ευρέως ως περιοριστές ρεύματος σε θερμοκρασίες μεταξύ 50 και 250 °C . Οι τιμές της αντίστασης των θερμίστορ PTC κυμαίνονται από 0.5 Ω έως 20 kΩ σε θερμοκρασία δωματίου. Επειδή η αύξηση της αντίστασης γίνεται απότομα, τα θερμίστορ αυτά δεν ενδείκνυνται για τη μέτρηση συνεχών τιμών θερμοκρασίας αλλά για τη διακοπή της τροφοδοσίας κυκλωμάτων.

Έτσι αποτελούν θερμοευαίσθητους ηλεκτρονικούς διακόπτες. Δεν έχουν μηχανικά μέρη όπως άλλοι διακόπτες, και επομένως εμφανίζουν μηδενική μηχανική φθορά και μεγάλη διάρκεια ζωής. Επιπρόσθετα δεν εμφανίζουν φαινόμενα υστέρησης και έχουν εξαιρετικά χαμηλό κόστος. Τα θερμίστορ PTC αυτοθερμαίνονται όταν διαρρέονται από ρεύμα, και αυτό αξιοποιείται στις εφαρμογές.

### **2.6 Θερμικές αντιστάσεις**

Όπως είναι γνωστό, η ηλεκτρική αντίσταση των μετάλλων αυξάνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Άρα, είναι δυνατό να κατασκευαστεί διάταξη μέτρησης της θερμοκρασίας, μετρώντας την ηλεκτρική αντίσταση ενός πρότυπου μετάλλου, καθώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία του. Έτσι, κατασκευάζονται οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις (RTDs).

Η μέτρηση της αντίστασης ενός θερμοηλεκτρικού στοιχείου γίνεται με τη βοήθεια γέφυρας Wheatstone ή με τη βοήθεια πηγής ρεύματος, που διεγείρει κατάλληλα τη θερμοηλεκτρική αντίσταση.

Οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις έχουν καλύτερη γραμμικότητα και είναι γενικά πιο ακριβείς από τα θερμοζεύγη, καθώς έχουν ανάλυση μικρότερη του ενός βαθμού Κελσίου. Εξαρτώνται από την απόλυτη τιμή της θερμοκρασίας και όχι απλώς από τη θερμοκρασιακή μεταβολή, όπως συμβαίνει στα θερμοζεύγη, άρα δεν έχουν ανάγκη από θερμοκρασίες αναφοράς. Όμως είναι πιο ακριβές και απαιτούν εξωτερική διέγερση. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε εργαστηριακές και βιομηχανικές εφαρμογές ακριβείας. Τυπικό μέταλλο για την κατασκευή θερμοηλεκτρικών αντιστάσεων είναι η πλατίνα.

### 2.7 Σύγκριση αισθητήρων θερμοκρασίας

Οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις, τα θερμίστορ και τα θερμοζεύγη εμφανίζουν μη-γραμμική συμπεριφορά. Τα θερμοζεύγη και τα θερμίστορ αποκρίνονται ταχέως, σε αντίθεση με τις θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις που αποκρίνονται με βραδύτητα. Τα θερμοζεύγη δεν απαιτούν εξωτερική τροφοδοσία, ενώ οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις και τα θερμίστορ απαιτούν. Τα θερμοζεύγη μετρούν μεγάλο εύρος θερμοκρασιών ενώ τα θερμίστορ μικρό (έως 300 °C). Πιο υψηλό κόστος έχουν οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις και πιο μικρό τα θερμοζεύγη.

Τα θερμοζεύγη αποδίδουν στην έξοδο μικρές τάσεις, οι οποίες είναι ευαίσθητες στο θόρυβο. Γενικά εμφανίζουν χαμηλή ευαισθησία και μικρότερη σταθερότητα από τα άλλα είδη αισθητήρων.

Οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις παρέχουν ενδείξεις υψηλής ακρίβειας και σταθερότητας, αλλά η αντίσταση των καλωδίων σύνδεσής τους τις αλλοιώνει και πρέπει να αντισταθμίζεται.

Τα θερμίστορ τέλος δίνουν εξαιρετικά επαναλήψιμες ενδείξεις, παρέχουν μεγάλη διακριτική ικανότητα και απαιτούν μικρό ρεύμα τροφοδοσίας. Χαρακτηρίζονται, όμως, από έντονη μη γραμμικότητα.

## 2.8 Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού

Η θερμοκρασία ψυκτικού υγρού είναι ένα σημαντικό μέγεθος προς μέτρηση που χρησιμεύει εκτός των άλλων και για τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Καθορισμός χρόνου ανάφλεξης
- Καθορισμός χρόνου ψεκασμού
- Ρύθμιση ιδανικού αριθμού στροφών ρελαντί

Η τεχνολογία που υπήρχε παλαιότερα για την μέτρηση και τον έλεγχο αυτού του μεγέθους ήταν ένα πολύ απλό κύκλωμα που περιλάμβανε ένα διακόπτη θερμοκρασίας. Οι καταστάσεις που γνώριζε ήταν δύο, είτε κλειστός διακόπτης που σήμαινε θερμή μηχανή, είτε ανοιχτός που σήμαινε κρύα μηχανή. Αυτό το σύστημα είχε την δυνατότητα με τον έλεγχο για το κλείσιμο ή άνοιγμα των επαφών των διακοπών να φροντίζει για την βέλτιστη απόδοση του κινητήρα. Αυτή η τεχνολογία όμως σήμερα θεωρείται ξεπερασμένη καθώς το θερμίστορ έχει αντικαταστήσει τον διακόπτη θερμοκρασίας.

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού βρίσκεται τοποθετημένος στο σώμα του κινητήρα, στην έξοδο του ψυκτικού υγρού και κοντά στην κυλινδροκεφαλή. Το κύκλωμα του αισθητήρα θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού αποτελείται από ένα θερμίστορ NTC, δηλαδή μία θερμοαντίσταση αρνητικού θερμικού συντελεστή και από μία απλή αντίσταση. Πιο αναλυτικά, το κύκλωμα του αισθητήρα που περιέχει το θερμίστορ και την αντίσταση (πχ  $R_1$ ) σχηματίζουν έναν διαιρέτη τάσης τροφοδοσίας αναφοράς 5 V. Όταν ο κινητήρας είναι κρύος, η αντίσταση στο θερμίστορ είναι πολύ υψηλή και έτσι καταναλώνει το μεγαλύτερο μέρος της τάσης. Η άλλη αντίσταση του κυκλώματος η  $R_1$  που είναι μικρή συγκριτικά με την αντίσταση του θερμίστορ, δηλαδή μόνο 350 Ω, προκαλεί πολύ μικρή πτώση τάσης σε σύγκριση με το θερμίστορ. Αυτό κάνει την τάση σχεδόν 5 V. Το θερμίστορ έχει αντίσταση 100.000 Ω, όταν είναι κρύο.



Εικόνα 2.03: Αισθητήρας θερμοκρασίας ψυκτικού υγρού [3].

Δεδομένου ότι ο κινητήρας αρχίζει να θερμαίνεται, η αντίσταση του θερμίστορ αρχίζει να μειώνεται. Αυτό οφείλεται στην αρχή λειτουργίας των θερμίστορ. Στα αρχικά στάδια της προθέρμανσης του κινητήρα το θερμίστορ μπορεί να έχει τιμή 75.000 Ω, αλλά η αντίσταση  $R_1$  είναι 350 Ω. Η τάση θα είναι ακόμα κοντά στα 5 V. Για να μειωθεί η τάση σε 2,5 V, απαιτείται η θερμοκρασία του κινητήρα να φθάσει την τιμή λειτουργίας, οπότε το θερμίστορ θα έχει αντίσταση επίσης 350 Ω. Σαν αποτέλεσμα η τάση στην αντίσταση  $R_1$ , (350 Ω), και στον αισθητήρα, (350 Ω) θα είναι ίδια, δηλαδή περίπου 2,5 V.

Στην συνέχεια, η αντίσταση του θερμίστορ μειώνεται περισσότερο μέχρι τους 100°C όπου μπορεί να φτάσει μέχρι και 70-80 Ω, ενώ η τάση γίνεται περίπου 1,0 V στη θερμοκρασία λειτουργίας. Δεδομένου ότι η τάση στον αισθητήρα αρχίζει να μειώνεται είναι προγραμματισμένο στην ECU η ρύθμιση του μείγματος αέρα / καυσίμου, καθώς και της ανάφλεξης πολλές φορές, κάθε δευτερόλεπτο, για να ανταποκριθεί στις μεταβολές της τάσης των σημάτων του αισθητηρίου. Γι' αυτό ένα όχημα με θερμική αντίσταση έχει



άριστη απόδοση και χαρακτηριστικά κατά τη λειτουργία του σε κρύα κατάσταση. Κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης δεν υπάρχει καμία αξιοπρόσεκτη διαφορά στην απόδοση, ακόμα και αν τη συγκρίνουμε με τον κινητήρα να έχει φθάσει την θερμοκρασία λειτουργίας του.

### 2.9 Αισθητήρας θερμοκρασίας εξαγόμενου καυσαερίου

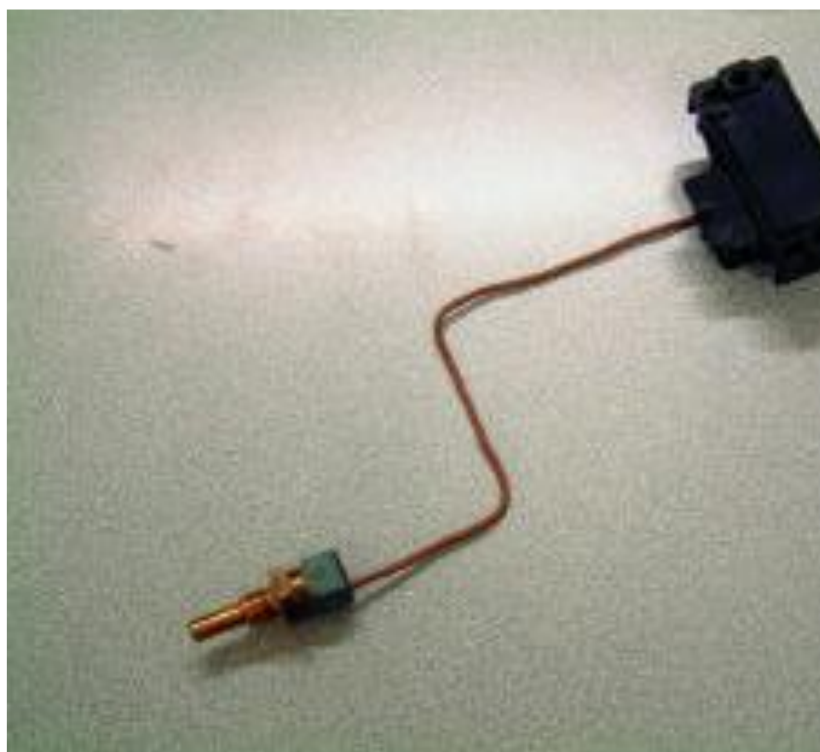
Η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι ένα μέγεθος, το οποίο ελέγχεται και μετριέται από τον αισθητήρα θερμοκρασίας καυσαερίων. Ο σκοπός της μέτρησης και του ελέγχου του συγκεκριμένου μεγέθους είναι η ρύθμιση, από την ECU, παραμέτρων που αφορούν την διάρκεια ψεκασμού του μείγματος όπως επίσης και την σύσταση του μείγματος. Επίσης η μέτρηση αυτού του μεγέθους μπορεί να δώσει πολύτιμες πληροφορίες σε ότι αφορά την κατάσταση του κινητήρα ώστε να ληφθούν οι απαραίτητες ενέργειες πρόληψης και διόρθωσης προβλημάτων στον κινητήρα, πριν αυτός υποστεί βλάβη.

Το καυσαέριο, όπως φανερώνει και το όνομα του, είναι αέριο που προκύπτει ως κατάλοιπο της καύσης ορυκτών καυσίμων. Παράγεται από βιομηχανίες, εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης, μέσα μεταφοράς κ.τ.λ. και καταλήγει στην ατμόσφαιρα διαμέσου των καμινάδων ή των εξατμίσεων των οχημάτων. Τα καυσαέρια των αυτοκινήτων περιέχουν άζωτο, μονοξείδιο και διοξείδιο του αζώτου (NO και NO<sub>2</sub>, για συντομία NO<sub>x</sub>), μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα (CO και CO<sub>2</sub>), υδρογόνο (H<sub>2</sub>), οξυγόνο (O<sub>2</sub>), νερό σε μορφή υδρατμών (H<sub>2</sub>O), άκαυστους υδρογονάνθρακες (HC) και ελάχιστες ποσότητες διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>). Από αυτά θεωρούνται ως ρύποι τα NO<sub>x</sub>, το CO, οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες και το SO<sub>2</sub>. Το CO<sub>2</sub> δεν θεωρείται ρύπος, είναι όμως επικίνδυνο, γιατί ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έκανε επιτακτική την ανάγκη για εφαρμογή αντιρρυπαντικών συστημάτων στα βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα. Από τη δεκαετία του 1980 και μετά έχουν

εφαρμοστεί: ο καταλύτης καυσαερίων και ο κινητήρας φτωχού (lean burn engine) και πολύ φτωχού μείγματος. Είναι ένα νέο και εξελισσόμενο είδος κινητήρα στον οποίο η αναλογία αέρα-καυσίμου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των συμβατικών κινητήρων. Με τα μέτρα αυτά έχει μειωθεί κατά πολύ η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα καυσαέρια αλλά δυστυχώς το πρόβλημα υπάρχει, και θα υπάρχει και στα προσεχή χρόνια.

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας εξαγομένων καυσαερίων τοποθετείται άμεσα στους κυλίνδρους των μηχανών για να μετρήσουν την θερμοκρασία εξάτμισης. Το αισθητήριο αποτελείται από τρία μέρη, από το θερμοηλεκτρικό ζεύγος, από το πυρόμετρο και από το καλώδιο που τα συνδέει μεταξύ τους.



Εικόνα 2.04: Αισθητήρας θερμοκρασίας εξαγομένων καυσαερίων [3].

Η τάση που παράγει το θερμοηλεκτρικό ζεύγος οδηγείται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, το οποίο λαμβάνει μια τάση σε  $\mu\text{V}$  και έχει ως

σκοπό να μας δώσει στην έξοδό του ενισχυμένη τάση η οποία μέσω ενός μετρητή θα μετατραπεί σε βαθμούς Κελσίου.

Επίσης στο κύκλωμα εκτός του ολοκληρωμένου, υπάρχει και ένας πυκνωτής ο οποίος λειτουργεί σαν φίλτρο θορύβου. Αξίζει να αναφερθεί επίσης ότι το ολοκληρωμένο κύκλωμα είναι συνήθως το AD595, το οποίο η τροφοδοσία του είναι στα 12,3 Volt, ιδανική λύση για την χρησιμοποίησή του σε αυτοκίνητα, ενώ μπορεί και να φθάσει μέχρι τα 36V.

#### 2.10 Αισθητήρας θερμοκρασίας καυσίμου

Η θερμοκρασία καυσίμου είναι ένα μέγεθος που ελέγχεται και μετρείται από τον αισθητήρα θερμοκρασίας καυσίμου και χρησιμεύει για τις ακόλουθες λειτουργίες:

- ❖ Προστασία υπερθέρμανσης κινητήρα
- ❖ Υπολογισμός ποσότητας ψεκασμού
- ❖ Υπολογισμός απαίτησης αντλία προπαραροχής
- ❖ Διόρθωση κύματος πίεσης

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας καυσίμου είναι βιδωμένος λίγο πριν από την αντλία υψηλής πίεσης και καταγράφει τη θερμοκρασία καυσίμου μέσω της μεταβλητής του θερμοαντίστασης (NTC = αρνητικός συντελεστής θερμοκρασίας). Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε έναν αισθητήρα θερμοκρασίας καυσίμου.



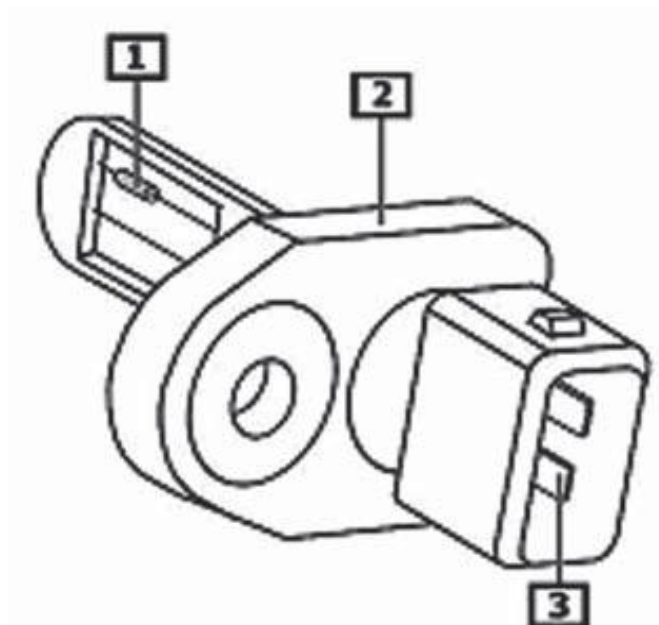
Εικόνα 2.05: Αισθητήρας θερμοκρασίας καυσίμου [1].

### 2.11 Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής μετράει ένα μέγεθος χρήσιμο για την ρύθμιση της σύστασης και της αναλογίας του μείγματος καυσίμου/αέρα, καθώς η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα που εισέρχεται στον κινητήρα και στο μείγμα καυσίμου/αέρα είναι μεταβαλλόμενη από πολλούς παράγοντες. Γι' αυτό και το μίγμα μπορεί να είναι πλούσιο στις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ στις χαμηλές να είναι φτωχό. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής, ο οποίος είναι τοποθετημένος στην είσοδο του μετρητή αέρα, έχει λύσει αυτό το πρόβλημα του φτωχού/πλουσίου μίγματος καθώς μετράει την θερμοκρασία του αέρα και την μεταβιβάζει στην ECU.

Ο αισθητήρας αποτελείται από ένα θερμίστορ NTC, στο οποίο η αντίσταση μεταβάλλεται ανάλογα με την θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής. Πιο συγκεκριμένα, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλή, τότε η αντίσταση μειώνεται και αυτό συνεπάγεται ότι και η τάση στον αισθητήρα μειώνεται, και το αντίστροφο σε αντίθετη περίπτωση. Έτσι οι μεταβολές της θερμοκρασίας που μεταφράζονται σε τάση, συγκρίνονται από κάποια τάση αναφοράς στην ECU. Η ECU με την σειρά της διορθώνει την ποσότητα του

εισερχόμενου αέρα ώστε το μίγμα καυσίμου/αέρα να είναι όσο πιο κοντά γίνεται στην ενδεδειγμένη στοιχειομετρική αναλογία.



Σχήμα 2.3: Αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής. 1. αντίσταση, 2. περίβλημα, 3. ηλεκτρική σύνδεση [6].



Εικόνα 2.06: Αισθητήρας θερμοκρασίας εισερχομένου αέρα στην πολλαπλή εισαγωγή. Συνήθως βρίσκεται αμέσως μετά από το φίλτρο αέρα στον αεραγωγό, που οδηγεί από το φίλτρο αέρα στην πολλαπλή εισαγωγή [3].

### 2.12 Αισθητήρας θερμοκρασίας λαδιού

Ο αισθητήρας θερμοκρασία λαδιού είναι ένας μετρητής της θερμοκρασίας του λιπαντικού μέσου, δηλαδή του λαδιού. Συνήθως ο αισθητήρας θερμοκρασίας λαδιού λέγεται και θερμικός αισθητήρας στάθμης λαδιού καθώς συνδυάζει σε μία συσκευή την μέτρηση και της θερμοκρασίας αλλά και της στάθμης του λαδιού. Επίσης υπάρχει και ο αισθητήρας κατάστασης λαδιού όπου είναι πιο βελτιωμένος και διευρύνει τις λειτουργίες του θερμικού αισθητήρα στάθμης καθώς εκτός από την μέτρηση στάθμης και θερμοκρασίας λαδιού, έχει την δυνατότητα ελέγχου της ποιότητας του λαδιού.

Το αισθητήριο βρίσκεται τοποθετημένο στην κάτω πλευρά του κάρτερ λαδιού και μετράει παράλληλα στάθμη και θερμοκρασία. Η θερμοκρασία μετριέται από μία θερμοαντίσταση NTC η οποία είναι εμβαπτισμένη με στρώμα λαδιού και βρίσκεται σε πλαστικό περίβλημα. Το εύρος της θερμοκρασίας που μπορεί να μετρήσει ο αισθητήρας είναι συνήθως από τους  $-40^{\circ}\text{C}$  έως τους  $150^{\circ}\text{C}$ .

### 2.13 Αισθητήρας θερμοκρασίας εξατμισής (evaporator sensor)

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας εξατμιστή είναι ένα πολύ σημαντικό εξάρτημα του συστήματος κλιματισμού. Είναι πολλοί οι λόγοι για τους οποίους η μέτρηση της θερμοκρασίας του εξατμιστή είναι απαραίτητη στο σύστημα κλιματισμού. Γι' αυτό το λόγο, ο αισθητήρας πρέπει να έχει ταχεία απόκριση και υψηλή αντοχή στην υγρασία. Ο αισθητήρας συνήθως τοποθετείται στα πτερύγια του εξατμιστή και αποτελείται από μία θερμοαντίσταση NTC. Ένας τρόπος μέτρησης του μεγέθους είναι η μέτρησης της θερμοκρασίας του αέρα ακριβώς μπροστά από τον εξατμιστή. Στα σύγχρονα συστήματα κλιματισμού έχει καθιερωθεί αυτός ο τρόπος μέτρησης καθώς είναι η πιο οικονομική και η πιο αποτελεσματική λύση.

#### **2.14 Αισθητήρας θερμοκρασίας φρέσκου αναρροφούμενου αέρα (integral sensor)**

Ο αισθητήρας του εξαμιστή και ο αισθητήρας θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου δεν επαρκούν για την ρύθμιση της θερμοκρασίας ακριβώς όπως απαιτείται στο θάλαμο των επιβατών. Η ακριβής ρύθμιση προϋποθέτει αισθητήρες θερμοκρασίας που θα καταγράφουν την θερμοκρασία του ρεύματος αέρα, όσο αυτό είναι δυνατόν, σε κάθε έξοδο του αέρα είτε αφορούν τον αέρα στα πόδια ή στο σώμα του οδηγού και των επιβατών, προκειμένου να καταστεί δυνατή η αυτόματη διαδικασία ρύθμισης. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας πρέπει να μετρούν την ιδανική μέση θερμοκρασία του ρεύματος αέρα. Ο Integral sensor μετρά την θερμοκρασία πάνω από όλο το μήκος της μεταλλικής πλάκας του, σημειώνοντας έτσι μία καλή τιμή αναφοράς που του δίνει ένα σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των αισθητήρων θερμοκρασίας σημείου που μετρούν την θερμοκρασία μόνο σε συγκεκριμένα σημεία. Λόγω της δυσκολίας να προβλεφθούν τα ρεύματα του αέρα εξαιτίας των διάφορων θερμοκρασιών, είναι αδύνατο να οριστεί ένα αντίστοιχο σημείο αναφοράς για έναν αισθητήρα θερμοκρασίας σημείου.

#### **2.15 Αισθητήρας εξωτερικής θερμοκρασίας**

Οι αισθητήρες εξωτερικής θερμοκρασίας, εκτός από το να ενημερώνουν τους επιβάτες και τον οδηγό για την θερμοκρασία του εξωτερικού χώρου, πρέπει επίσης και να στέλνουν τις απαραίτητες πληροφορίες στην μονάδα ελέγχου του συστήματος ή της μηχανής (ECU).

Ο αισθητήρας εξωτερικής θερμοκρασίας τοποθετείται στον πίσω ή στον μπροστινό προφυλακτήρα, στον καθρέπτη ή οπουδήποτε θα μπορούσε να είναι εκτεθειμένο στον εξωτερικό αέρα. Ο αισθητήρας θα πρέπει να είναι σε θέση να αντέξει την θερμότητα, τον παγετό, την υγρασία και γενικά τις εξωτερικές συνθήκες που μπορεί να συναντήσει.

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας εξωτερικού χώρου είναι συνήθως ένα θερμίστορ NTC και μπορεί να προστατευτεί από τις καιρικές συνθήκες μόνο αν αποτελεί μέρος ενός πλήρως σφραγισμένου συστήματος. Γι' αυτό τον λόγο προτιμάται ενσύρματη αισθητήρες με καλώδια, ώστε ο σύνδεσμος να μην βρίσκεται κοντά σε οποιαδήποτε υγρασία. Εάν όμως ο σύνδεσμος (connector) συνδέεται κατευθείαν με τον αισθητήρα, τότε πρέπει να είναι πλήρως στεγανοποιημένος. Δεν πρέπει να απορροφηθεί καθόλου υγρασία από τον αισθητήρα και γενικά η διαδικασία σχεδιασμού του αισθητήρα πρέπει να συμπεριλαμβάνει ένα σωστό σχέδιο στεγανοποίησης.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### Αισθητήρες πίεσης

#### 3.1 Γενικά

Η πίεση αποτελεί μέτρο της δύναμης ή μηχανικής τάσης που ασκείται στην εξωτερική επιφάνεια κάποιου σώματος από ένα εξωτερικό αίτιο. Το βάρος αποτελεί τη -σταθερή- δύναμη προς τα κάτω που ασκεί η Γη σε ένα σώμα και αποτελεί μία ειδική περίπτωση δύναμης. Έτσι, εάν τοποθετηθεί ένα σώμα σε επαφή με έναν αισθητήρα πίεσης, ο αισθητήρας μπορεί να μετρά τη δύναμη που δέχεται το σώμα από ένα εξωτερικό αίτιο ή από τη Γη ανάλογα με τη σχετική θέση σώματος και αισθητήρα (κατακόρυφη, οριζόντια κ.ά.). Με άλλα λόγια, η μέτρηση του βάρους ανάγεται στη μέτρηση πίεσης και γι' αυτό οι μετρητές πίεσης χρησιμοποιούνται και για τη μέτρηση βάρους.

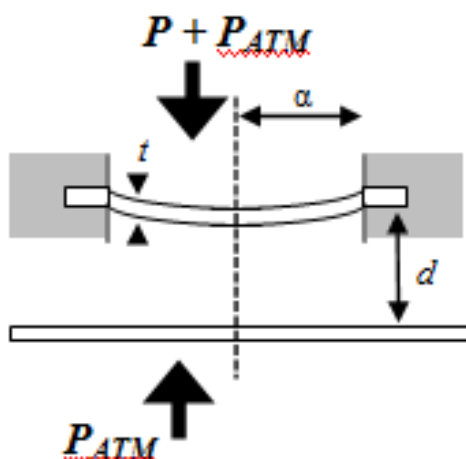
Τα κυριότερα είδη αισθητήρων πίεσης είναι τα ακόλουθα:

1. Μανόμετρα υγρού και αερίου
2. Χωρητικοί αισθητήρες
3. Επαγωγικοί αισθητήρες
4. Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες και αισθητήρες πιεζοαντίστασης
5. Μετρητές μηχανικής τάσης και κυψελίδες φορτίου

Τα μανόμετρα υγρού και αερίου είναι το μοναδικό είδος αισθητήρων που δίνει ενδείξεις ορατές αλλά όχι άμεσα μετατρέψιμες σε ηλεκτρικό σήμα. Σε αυτά περιλαμβάνονται τα μανόμετρα υοειδούς σωλήνα, τα μανόμετρα κεκλιμένου σωλήνα, τα μανόμετρα με ελαστικό σωλήνα Bourdon και τα μανόμετρα με φουσητήρα. Στις επόμενες ενότητες θα περιγράψουμε τα υπόλοιπα είδη μετρητών πίεσης, τις βασικές αρχές λειτουργίας τους και τις εφαρμογές τους στο αυτοκίνητο.

### 3.2 Χωρητικοί και επαγωγικοί αισθητήρες πίεσης

Οι αισθητήρες αυτοί στηρίζονται στην ύπαρξη ενός ελαστικού διαφράγματος, το οποίο χωρίζει έναν κλειστό χώρο σε δύο ημιχώρους. Εάν ο ένας ημιχώρος ευρίσκεται στην πίεση που θέλουμε να μετρήσουμε και ο άλλος σε μία πίεση αναφοράς (όπως π.χ. σε ατμοσφαιρική πίεση), τότε το διάφραγμα μετατοπίζεται προς μία κατεύθυνση. Η μετατόπιση αυτή μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ενός πυκνωτή και άρα αλλαγή της χωρητικότητάς του ή αλλοίωση της μαγνητικής διαρροής που διαρρέει ένα ή δύο πηνία, και άρα αλλαγή της ηλεκτρεγερτικής δύναμης που αυτά παρουσιάζουν στα άκρα τους.



Σχήμα 3.01: Απλός χωρητικός αισθητήρας πίεσης [4].

Για παράδειγμα στο Σχήμα 3.1 εικονίζεται ένας απλός χωρητικός αισθητήρας πίεσης, που συνίσταται σε έναν επίπεδο πυκνωτή, του οποίου ο ένας (ο άνω, στο σχήμα) οπλισμός είναι ελαστικός και αποτελεί το διάφραγμα. Πάνω από το διάφραγμα επικρατεί η πίεση που θέλουμε να μετρήσουμε ενώ κάτω από αυτό η ατμοσφαιρική πίεση. Το διάφραγμα καμπυλώνεται λόγω της διαφοράς πίεσης και η χωρητικότητα  $C$  του πυκνωτή μεταβάλλεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση (3.1) [4].

$$\Delta C = C \times \frac{(1 - \nu^2) \alpha^4}{16 E d t^3} \times P \quad (3.1)$$

όπου

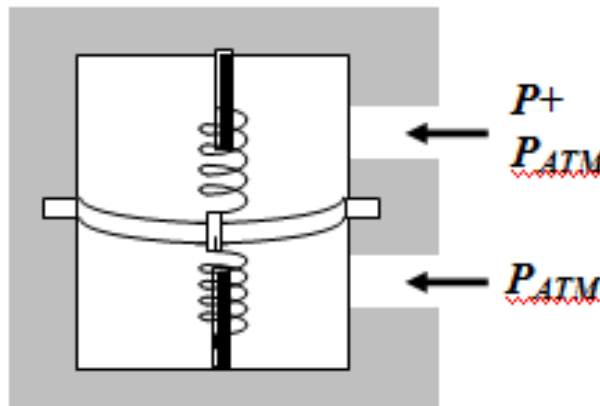
$P$  = είναι η πίεση μετρητή (δηλαδή η διαφορά των πιέσεων πάνω και κάτω από τον άνω οπλισμό),

$d$  = η αρχική απόσταση των οπλισμών,

$\alpha$  = η ακτίνα του διαφράγματος,

$t$  = το πάχος του διαφράγματος και

$\nu$  και  $E$  = δύο παράμετροι που σχετίζονται με το υλικό του διαφράγματος (ο λόγος του Poisson και το μέτρο του Young, αντίστοιχα).



Σχήμα 3.02: Απλός επαγωγικός αισθητήρας πίεσης [4].

Η μεταβολή της χωρητικότητας μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολή μίας τάσης εάν διαβιβάσουμε στον πυκνωτή κάποιο σταθερό εναλλασσόμενο ρεύμα.

Γνωρίζοντας ότι η χωρητική του αντίσταση ισούται με  $Z_c = 1/C\omega$ , διαπιστώνουμε ότι η εναλλασσόμενη τάση στα άκρα του ( $V_c = Z_c I$ ) θα μεταβάλλεται ανάλογα με τις μεταβολές της χωρητικότητας. Ανάλογο αποτέλεσμα μπορεί να ληφθεί εάν διαβιβάσουμε στον πυκνωτή μια σταθερή εναλλασσόμενη τάση. Τότε, η μετατόπιση του άνω οπλισμού του και η

επακόλουθη μεταβολή της χωρητικής του αντίστασης θα προκαλεί μεταβολή στο ρεύμα που τον διαρρέει.

Στο Σχήμα 3.02 εικονίζεται η αρχή των επαγωγικών αισθητήρων πίεσης. Ένας κλειστός χώρος χωρίζεται σε δύο ημιχώρους με ένα διάφραγμα. Το διάφραγμα συνδέεται σταθερά με δύο πηνία και οι μετατοπίσεις του διαφράγματος μετατοπίζουν και τα πηνία. Στο εσωτερικό του κάθε πηνίου υπάρχει ένας πυρήνας από σιδηρομαγνητικό υλικό, ακλόνητα στερεωμένος στα τοιχώματα του χώρου. Τυχόν μεταβολή της θέσης των πηνίων προκαλεί αλλαγή της θέσης των πυρήνων ως προς τα πηνία και αλλαγή του συντελεστή αυτεπαγωγής τους  $L$ . Έτσι αλλάζει και η επαγωγική αντίσταση των πηνίων ( $Z_L = L\omega$ ). Εάν επομένως διαβιβάσουμε στα πηνία ένα σταθερό εναλλασσόμενο ρεύμα, η τάση στα άκρα τους θα μεταβάλλεται ανάλογα με την επαγωγική αντίσταση ( $V_L = Z_L I$ ) και άρα με τη μετατόπιση του διαφράγματος. Ανάλογο αποτέλεσμα μπορεί να ληφθεί εάν διαβιβάσουμε στα πηνία μία σταθερή εναλλασσόμενη τάση. Τότε, η μετατόπισή τους και η επακόλουθη μεταβολή της επαγωγικής τους αντίστασης θα προκαλεί μεταβολή στο ρεύμα που τα διαρρέει.



Εικόνα 3.01: Αισθητήρες πίεσης EPO της εταιρείας Entran [4].

### 3.3 Αισθητήρας πιεζοαντίστασης

Οι αισθητήρες αυτοί στηρίζονται στη μεταβολή της τιμής της αντίστασης ενός μεταλλικού σύρματος όταν αυτό πιεστεί κατά μήκος της κύριας διάστασής του. Για τον υπολογισμό της ποσοτικής σχέσης θεωρούμε την εξίσωση που σχετίζει την αντίσταση ενός σύρματος με τα φυσικά του χαρακτηριστικά:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (3.2)$$

όπου

$\rho$  = είναι η ειδική αντίσταση του υλικού, από το οποίο είναι φτιαγμένο το σύρμα.

$L$  = είναι το μήκος του σύρματος.

$A$  = είναι το εμβαδό διατομής του σύρματος.

Εάν το υλικό συμπιεστεί (και άρα το μήκος του μειωθεί και η ενεργός διατομή του αυξηθεί), και εκφράσουμε τη μεταβολή  $\Delta R$  της αντίστασης ως προς τις αντίστοιχες μεταβολές των ποσοτήτων  $\rho$ ,  $L$  και  $A$ , αποδεικνύεται ότι είναι:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = G \frac{\Delta L}{l_0} \quad (3.3)$$

όπου

$R_0$  = είναι οι τιμές της αντίστασης.

$L_0$  = είναι το μήκος όταν η πίεση μετρητή είναι μηδέν.

$\Delta L$  = είναι η μεταβολή του μήκους.

$G$  = είναι μία ποσότητα χαρακτηριστική του υλικού, που ονομάζεται παράγοντας  $G$  (gauge factor).

Η ποσότητα  $G$  σχετίζεται με τα φυσικά χαρακτηριστικά του υλικού και έχει γνωστή τιμή, η οποία εξαρτάται ελαφρά από τη συμπίεση  $\Delta L$  που προκαλείται

στο υλικό. Το πηλίκο  $\Delta L/L_0$  εκφράζει την ποσοστιαία συμπίεση του υλικού και είναι γνωστό ως ανηγμένη παραμόρφωση (strain).

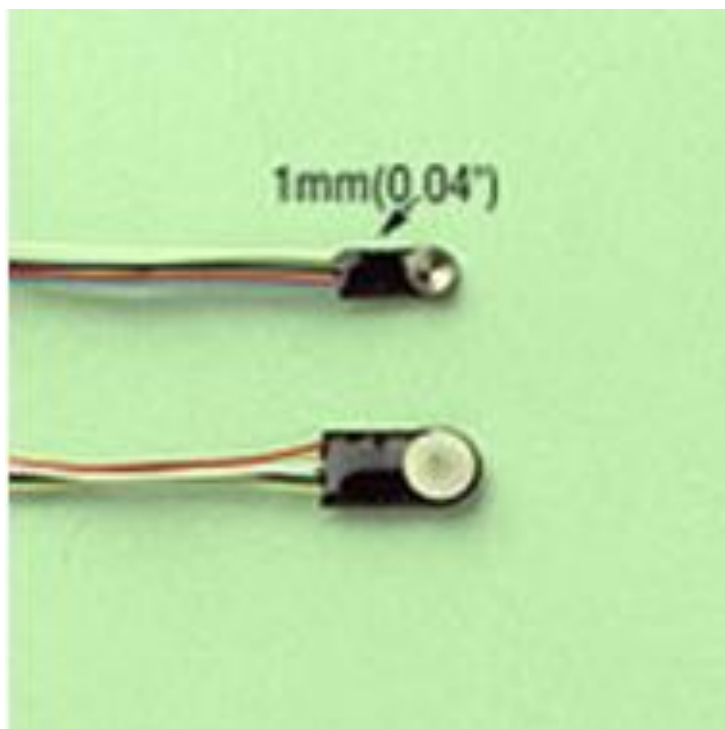
Για την κατασκευή πιεζοαντιστάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέταλλα ή κράματα μετάλλων αλλά και γνωστοί ημιαγωγοί, όπως πυρίτιο με προσμίξεις (δηλαδή τύπου p ή n). Για την επιλογή του υλικού πρέπει να ληφθούν υπόψη οι θερμοκρασιακές συνθήκες, καθώς οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας προκαλούν μεταβολή της τιμής του παράγοντα G αλλά και της τιμής  $R_0$  της αντίστασης.

Τα μέταλλα έχουν παράγοντες G με μικρές τιμές (της τάξης του 2.0), οπότε η άσκηση πίεσης σε αυτά προκαλεί μικρές μεταβολές στην αντίστασή τους. Από την άλλη πλευρά όμως, οι μεταβολές του παράγοντα G με τη θερμοκρασία είναι μικρές και ο θερμικός συντελεστής της αντίστασης μπορεί να είναι μικρός, της τάξης του  $4 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν κράματα με πολύ μικρό συντελεστή γραμμικής διαστολής, ο οποίος εκφράζει την εξάρτηση της τιμής του αρχικού μήκους  $L_0$  από τη θερμοκρασία.

Οι ημιαγωγοί έχουν μεγάλες τιμές παράγοντα G, που ενδέχεται να είναι και αρνητικές. Για παράδειγμα, το πυρίτιο τύπου p έχει τιμές παράγοντα G μεταξύ +100 και +175, ενώ το πυρίτιο τύπου n έχει τιμές παράγοντα G μεταξύ -100 και -140. Το αρνητικό πρόσημο σημαίνει ότι η συμπίεση προκαλεί αύξηση της αντίστασης του υλικού. Οι μεγάλες τιμές του παράγοντα G μας οδηγούν στη διαπίστωση ότι η αντίσταση των ημιαγωγικών υλικών είναι πολύ πιο ευαίσθητη στη συμπίεση από την αντίσταση των μεταλλικών υλικών. Από την άλλη όμως πλευρά είναι επίσης πιο ευαίσθητη σε μεταβολές της θερμοκρασίας. Αναφέρεται ότι η αύξηση της θερμοκρασίας από  $0^\circ$  σε  $40^\circ \text{C}$  προκαλεί μείωση της τιμής του παράγοντα G κατά περίπου 11% (από π.χ. 135 σε 120). Επίσης αναφέρεται ότι η αύξηση της θερμοκρασίας από  $20^\circ$  σε  $60^\circ \text{C}$  προκαλεί αύξηση της τιμής της αντίστασης  $R_0$  κατά 4% (από π.χ. 120  $\Omega$  σε 125  $\Omega$ ).

Με τη βοήθεια πιεζοαντιστάσεων κατασκευάζονται μετρητικές διατάξεις που ονομάζονται μετρητές μηχανικής τάσης (strain gauges). Αυτές

αποτελούνται συνήθως από τέσσερις πιεζοαντιστάσεις σε διάταξη γέφυρας Wheatstone. Οι πιεζοαντιστάσεις κατασκευάζονται συνήθως από ένα λεπτό φύλλο αλουμινίου, το οποίο υφίσταται μία διαδικασία απόξεσης (etching) και λαμβάνει τη μορφή ενός σύρματος. Το αλουμίνιο συνδέεται σε μία βάση από ρητίνη και στη συνέχεια αυτή συγκολλάται στην επιφάνεια που μας ενδιαφέρει. Η έξοδος της γέφυρας Wheatstone είναι της τάξης των 100 mV και έτσι είναι αναγκαία η ενίσχυσή της προτού διαβιβαστεί σε ένα μετατροπέα A/D (Analog to Digital). Εναλλακτικά, η έξοδος μπορεί να μην υποστεί ενίσχυση εάν ο μετατροπέας A/D έχει υψηλή ευαισθησία (π.χ. έχει ανάλυση 12 bits).

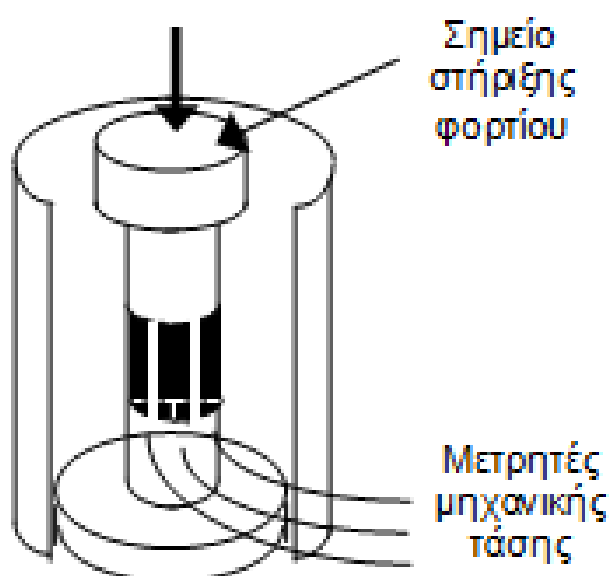


Εικόνα 3.02: Αισθητήρες πίεσης EPL της εταιρείας Entran [4].

### 3.4 Κυψέλες φορτίου

Οι κυψελίδες φορτίου (load cells) είναι συσκευές που αποτελούνται από μετρητές μηχανικής τάσης (συνήθως τέσσερις) και μετρούν δυνάμεις. Ενδείκνυνται για τη μέτρηση πιέσεων (δηλαδή μηχανικών φορτίων) που ασκούν στερεά υλικά και έχουν τη μορφή που εικονίζεται στο Σχήμα 3.05. Οι μετρητές μηχανικής τάσης είναι συνήθως πιεζοαντιστάσεις, όπως αυτές που περιγράψαμε στην προηγούμενη ενότητα.

Η λειτουργία μίας κυψελίδας φορτίου στηρίζεται στο γεγονός ότι η εφαρμογή ενός μηχανικού φορτίου στο σημείο στήριξης της κυψελίδας (Σχήμα 3.05) προκαλεί συμπίεση (δηλαδή μηχανική παραμόρφωση) του κατακόρυφου άξονα που ενώνεται με αυτό και άρα συμπίεση των τεσσάρων πιεζοαντιστάσεων που είναι συγκολλημένες στον άξονα. Έτσι οι αντιστάσεις των πιεζοαντιστάσεων μεταβάλλονται και η μεταβολή αυτή μπορεί να μετατραπεί με τη βοήθεια μίας απλής γέφυρας Wheatstone, η οποία θα περιέχει και σταθερές αντιστάσεις αναφοράς, σε ηλεκτρική τάση.



Σχήμα 3.03: Κυψελίδα φόρτισης αποτελούμενη από τέσσερις μετρητές μηχανικής τάσης [4].



### 3.5 Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης

Όταν συμπιέζεται ή εφελκύεται ένας κρύσταλλος, μετατοπίζονται οι θέσεις των θετικών και αρνητικών φορτίων του και έτσι εμφανίζεται στα άκρα του μία ποσότητα φορτίου (θετικού στο ένα άκρο και αρνητικού στο άλλο άκρο), δηλαδή διαφορά δυναμικού (ηλεκτρική τάση). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο (piezoelectric effect) και εμφανίζεται σε όλα τα κρυσταλλικά υλικά, είναι όμως ιδιαίτερα έντονο σε ορισμένα μόνο υλικά, τα οποία ονομάζονται για το λόγο αυτό *πιεζοηλεκτρικά*. Τα υλικά αυτά εμφανίζουν και το αντίστροφο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο, κατά το οποίο η εφαρμογή στα άκρα του υλικού μίας τάσης  $V$  προκαλεί συμπίεση (ή εφελκυσμό, ανάλογα με το πρόσημο της τάσης) κατά διάστημα  $x$ .

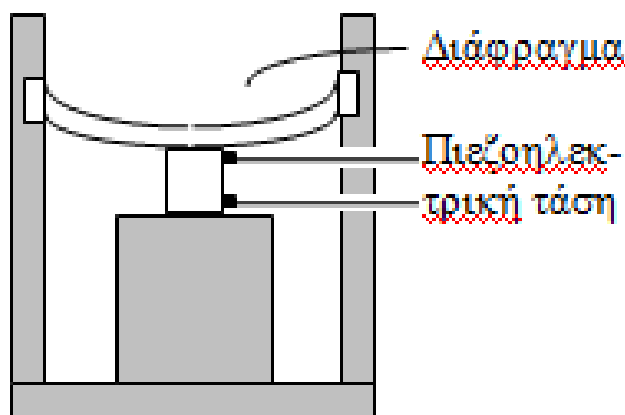
$$x = d \cdot V \quad (3.4)$$

όπου

$\eta$  = είναι η ποσότητα

$d$  = είναι η πιεζοηλεκτρική σταθερά του υλικού

$V$  = είναι η τάση



Σχήμα 3.04: Μορφή πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα πίεσης [4].

Η περιγραφή του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου γίνεται πολύ απλά θεωρώντας ότι ένας κρύσταλλος λειτουργεί σαν ελατήριο σταθεράς  $k$  όταν συμπιέζεται κατά διάστημα  $x$ . Η σχέση μεταξύ δύναμης και διαστήματος είναι η εξής:

$$F = k \cdot x \quad (3.5)$$

Συνδυάζοντας τις δύο παραπάνω σχέσεις εξάγεται η σχέση μεταξύ της εφαρμοζόμενης δύναμης και της πιεζοηλεκτρικής τάσης αναπτύσσεται στα άκρα του υλικού:

$$F = k d V \Leftrightarrow V = \frac{1}{k d} F \quad (3.6)$$

Οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι είναι συνήθως κρύσταλλοι χαλαζία (quartz). Μπορούν να έχουν πολύ μικρό μέγεθος και είναι ανθεκτικοί σε υψηλές θερμοκρασίες. Η σταθερά  $k$  των κρυστάλλων είναι πολύ μεγάλη (δηλαδή οι κρύσταλλοι είναι σκληροί), με αποτέλεσμα η τάση  $V$  που παράγεται να έχει μικρές τιμές και να απαιτείται η ενίσχυσή της ή η τοποθέτηση πολλών κρυστάλλων σε σειρά. Οι κρύσταλλοι τίθενται σε επαφή με ένα κινητό διάφραγμα, το οποίο δέχεται την πίεση, και συμπιέζονται από αυτό όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.06.

Οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι δε χρησιμοποιούνται μόνο για τη μέτρηση πιέσεων και δυνάμεων αλλά και επιταχύνσεων καθώς γνωρίζουμε ότι η δύναμη και η επιτάχυνση είναι μεγέθη ανάλογα, με βάση τη γνωστή σχέση:

$$F = m \cdot a \quad (3.7)$$

όπου

$a$  = είναι η επιτάχυνση και

$m$  = είναι η μάζα που δέχεται την επιτάχυνση.

Τα πιεζοηλεκτρικά υλικά διακρίνονται μεταξύ τους ανάλογα με την τιμή του ηλεκτρικού σήματος που παράγουν εξαιτίας μίας δεδομένης πίεσης, την απόκρισή τους σε πιέσεις διαφόρων συχνοτήτων, τη συχνότητα στην οποία εμφανίζουν το φαινόμενο του συντονισμού κ.ά.

### 3.6 Αισθητήρας απόλυτης πίεσης (MAP)

Ο αισθητήρας απόλυτης πίεσης (Manifold Absolute Pressure, MAP) είναι ένας αισθητήρας ο οποίος μετράει ένα σημαντικό μέγεθος για την σωστή λειτουργία του κινητήρα, την απόλυτη πίεση του εισερχόμενου αέρα στην πολλαπλή εισαγωγή. Οι περισσότεροι κινητήρες λειτουργούν με φυσική εισαγωγή αέρα στους κυλίνδρους, δηλαδή με την βοήθεια της ατμοσφαιρικής πίεσης. Αυτό μπορεί όμως να είναι και πρόβλημα, διότι πρέπει να μετριέται η πίεση της ατμόσφαιρας καθώς ενδέχεται να υπάρχει μειωμένη εισαγωγή αέρα και απώλεια ισχύος. Η απόλυτη πίεση του αέρα είναι σημαντικό να μετριέται καθώς αποτελεί ένδειξη για την ισχύ του κινητήρα και για το φορτίο ενώ επίσης είναι απαραίτητο στην ECU, ώστε να υπολογίζει και να ρυθμίζει ανάλογα την διάρκεια ψεκασμού, τον χρονισμό της ανάφλεξης και την πίεση στο σύστημα διανομής καυσίμου.

Ο αισθητήρας MAP είναι συνήθως αισθητήρας πιεζοηλεκτρικού τύπου και βρίσκεται συνδεδεμένος μέσω ενός σωλήνα υποπίεσης στην πολλαπλή εισαγωγή μετά την πεταλούδα γκαζιού. Ο αισθητήρας MAP αποτελείται από ένα κύκλωμα ενίσχυσης του σήματος και από ένα τσιπ πυριτίου που έχει πάνω του ενσωματωμένες 4 ηλεκτρικές αντιστάσεις συνδεδεμένες σε γέφυρα.

Ένα από τα κυριότερα κομμάτια του αισθητήρα MAP είναι ο στεγανός θάλαμος, ο οποίος χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο ένα μέρος βρίσκεται το τσιπ, και επικρατεί ατμοσφαιρική πίεση (πίεση αναφοράς) και στο άλλο μέρος του θαλάμου υπάρχει η ζητούμενη προς μέτρηση πίεση, δηλαδή η πίεση της πολλαπλής εισαγωγής. Έτσι λοιπόν, όταν μεταβάλλεται η πίεση στην πολλαπλής εισαγωγής, η μεμβράνη πάνω στην οποία στηρίζεται το τσιπ

κάμπτεται και αλλάζει η αντίσταση του. Επομένως αλλάζει και η τάση που διαβάζει η ECU μεταφράζοντας αυτήν την αλλαγή στην τάση ως αλλαγή της πίεσης στην πολλαπλή εισαγωγή.

### 3.7 Αισθητήρας πίεσης λαδιού

Ο αισθητήρας πίεσης λαδιού μετράει ένα σημαντικό μέγεθος για την λειτουργία του κινητήρα, την πίεση του λαδιού. Η πίεση του λαδιού, επειδή ακριβώς είναι ένα τόσο σημαντικό μέγεθος, πρέπει να κυμαίνεται πάντα μέσα στα προκαθορισμένα όρια που ορίζει ο κατασκευαστής. Όταν η πίεση του λαδιού φτάσει κοντά στα κατώτατα όρια, δηλαδή κάπου κοντά στα 0,5 bar, τότε ο κινητήρας πρέπει να σταματήσει την λειτουργία του, ώστε να αποφευχθούν ανυπολόγιστες ζημιές στα εξαρτήματα του, καθώς το λάδι με χαμηλή πίεση δεν φθάνει στα σημεία που το έχουν ανάγκη. Γι' αυτό είναι απαραίτητος ο έλεγχος και η μέτρηση αυτού του μεγέθους, καθώς και η ενημέρωση του οδηγού μέσω προειδοποιητικής λυχνίας μόλις προκύψει το πρόβλημα.



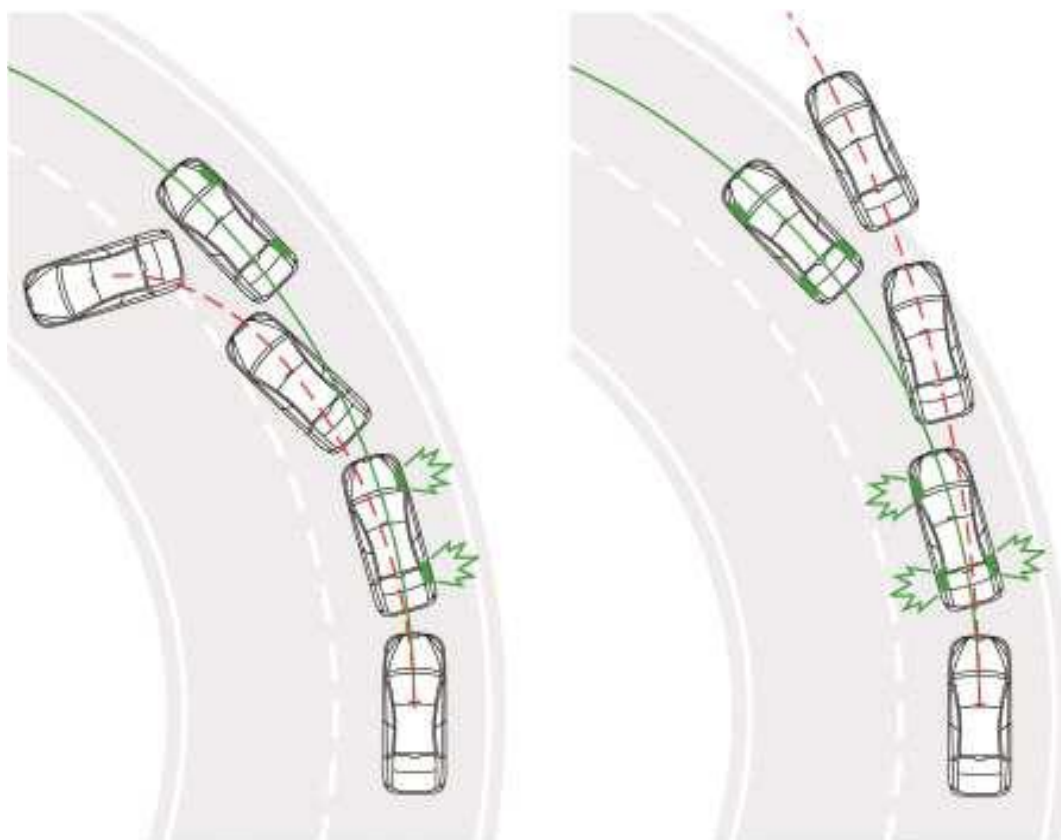
Εικόνα 3.03: Αισθητήρας πίεσης λαδιού [1].

### 3.8 Αισθητήρας πίεσης φρένου

Ο αισθητήρας πίεσης φρένου είναι ένας αισθητήρας του ηλεκτρονικού συστήματος ESP, που ο σκοπός του είναι η ανίχνευση της τρέχουσας πίεσης φρένου στο κύκλωμα φρένου για την μονάδα ελέγχου. Η μονάδα ελέγχου, από τις λαμβάνουσες τιμές του αισθητήρα πίεσης φρένου, υπολογίζει τις δυνάμεις πέδησης του τροχού, οι οποίες θα συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς της μονάδας ελέγχου.

Ο αισθητήρας βρίσκεται τοποθετημένος στην υδραυλική αντλία του ESP και αποτελείται από ένα πιεζοηλεκτρικό στοιχείο, πάνω στο οποίο επιδρά η πίεση του υγρού των φρένων και από ένα ηλεκτρονικό σύστημα αξιολόγησης.

Όταν υπάρξει μεταβολή της πίεσης στα φρένα, τότε μεταβάλλεται και η κατανομή φορτίου στο πιεζοηλεκτρικό στοιχείο. Εάν το πιεζοηλεκτρικό στοιχείο είναι σε κατάσταση ηρεμίας, τα φορτία είναι κατανεμημένα ομοιόμορφα. Όταν όμως η πίεση αυξηθεί στα φρένα άρα και στο πιεζοηλεκτρικό στοιχείο, τότε μετατοπίζονται τα φορτία και δημιουργείται μία τάση. Όσο μεγαλύτερη πίεση υπάρχει στα φρένα, τόσο περισσότερο χωρίζονται τα φορτία και αυξάνεται η τάση. Αυτή η τάση ενισχύεται από το ηλεκτρονικό σύστημα αξιολόγησης και στην συνέχεια αποστέλλεται στην μονάδα ελέγχου.



Σχήμα 3.08: Η συμπεριφορά ενός αυτοκινήτου σε ακραίες οδηγικές συνθήκες με την χρήση του ESP (πράσινη γραμμή) και χωρίς χρήση ESP (κόκκινη γραμμή) [1].

### 3.9 Αισθητήρας θερμοκρασίας και πίεσης αέρα ελαστικών

Η πίεση του αέρα των ελαστικών είναι ένα μέγεθος το οποίο είναι σημαντικό να ελέγχεται. Η σωστή πίεση του αέρα στα ελαστικά αυξάνει την ασφάλεια κατά την οδήγηση, αυξάνει την οικονομία στα καύσιμα όπως επίσης και αυξάνει και την ζωή των ελαστικών. Την επιτήρηση αυτού του μεγέθους αναλαμβάνει ο αισθητήρας θερμοκρασίας και πίεσης αέρα των ελαστικών.

Ο αισθητήρας βρίσκεται στο εσωτερικό του ελαστικού και μετράει την πίεση. Ωστόσο, υπήρχε ένα πρόβλημα με την μέτρηση αυτού του μεγέθους, που είχε να κάνει με την μεταφορά της πληροφορίας από τον περιστρεφόμενο τροχό, σε σχέση με το σταθερό σασί. Το πρόβλημα όμως αυτό λύθηκε με την χρησιμοποίηση των ασύρματων συνδέσεων για την αποστολή της πληροφορίας μέσω ραδιοκυμάτων.

Γενικά σήμερα υπάρχουν αρκετά διαφορετικά συστήματα ελέγχου της πίεσης των ελαστικών και από διαφορετικές εταιρίες. Για παράδειγμα, η Continental έχει αναπτύξει συστήματα ελέγχου των ελαστικών όπως:

### **Το έξυπνο σύστημα ελαστικών (Intelligent Tire System)**

Το σύστημα αυτό μετράει κατευθείαν την πίεση του ελαστικού, ενώ δεν χρειάζεται μπαταρίες. Οι πληροφορίες για τα ελαστικά, απεικονίζονται στον οδηγό μέσω μίας οθόνης.

### **Το σύστημα παρακολούθησης πίεσης ελαστικών (TMPS)**

Το σύστημα αυτό μετράει επίσης κατευθείαν την πίεση των ελαστικών, ενώ η απεικόνιση εδώ γίνεται από ένα φωτάκι σήματος στο ταμπλό που προειδοποιεί για υπερβολική πτώση της πίεσης του αέρα των ελαστικών.

### **Το σύστημα ανίχνευσης απώλειας πίεσης (DDS)**

Αυτό το σύστημα μετράει έμμεσα την πίεση του αέρα των ελαστικών. Το σύστημα αξιολογεί τα δεδομένα από τον αισθητήρα ταχύτητας του ABS και λειτουργεί χωρίς δικό του σύστημα αισθητήρων.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### Αισθητήρες θέσης ή μετατόπισης εξαρτημάτων

#### 4.1 Γενικά

Η ανίχνευση της φυσικής θέσης και της κίνησης των αντικειμένων έχει ζωτική σημασία, αφού οι περισσότερες κατασκευές και διατάξεις διαθέτουν κινητά μηχανικά μέρη. Είναι συχνά απαραίτητο να γνωρίζουμε τη θέση ενός αντικειμένου. Ενδέχεται να θέλουμε να προσδιορίσουμε εάν ή πότε ένα κινητό μέρος ευρίσκεται σε κάποια προκαθορισμένη θέση του χώρου. Άλλοτε είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε εάν και σε ποιο βαθμό ένα κινητό μέρος κινείται ή περιστρέφεται προς κάποια κατεύθυνση ή την αντίθετή της. Κάποιες φορές μας ενδιαφέρει πόσο γρήγορα κινείται ένα κινητό μέρος. Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, η γνώση της θέσης, της προσέγγισης, της μετατόπισης και της ταχύτητας ή επιτάχυνσης ενός αντικειμένου αφορούν στο γενικότερο ζήτημα της ανίχνευσης κάποιας παραμέτρου της κίνησής του.

Ανάλογα επομένως με τη φύση της εφαρμογής μας πρέπει να χρησιμοποιήσουμε αισθητήρες που να ανιχνεύουν κάποιο από τα ακόλουθα μεγέθη:

- ❖ Θέση
- ❖ Προσέγγιση
- ❖ Μετατόπιση (ευθύγραμμη ή περιστροφική)
- ❖ Ταχύτητα ή επιτάχυνση

Η μετατόπιση (displacement) προκύπτει από τον υπολογισμό της απόστασης ανάμεσα στη νέα και την παλαιά θέση του εξεταζόμενου αντικειμένου, και άρα η ανίχνευση της θέσης ανάγεται στην ανίχνευση της μετατόπισης και αντίστροφα. Η προσέγγιση (proximity) αποτελεί μία ειδική περίπτωση ανίχνευσης θέσης, καθώς τότε μας ενδιαφέρει να γνωρίζουμε εάν

θα ευρεθεί το εξεταζόμενο αντικείμενο σε μία συγκεκριμένη, προκαθορισμένη θέση. Έτσι η ανίχνευση της προσέγγισης δίνει δύο δυνατά αποτελέσματα (ΝΑΙ και ΟΧΙ) και είναι απλούστερη από την ανίχνευση θέσης, η οποία πρέπει να δίνει ως αποτελέσματα συνεχείς αριθμητικές τιμές (σε χιλιοστόμετρα ή μοίρες). Η μέτρηση της ταχύτητας και της επιτάχυνσης διαφέρει από τις μετρήσεις μηκών και γωνιών (θέσεων, μετατοπίσεων κ.ά.) και στηρίζεται σε διαφορετικές αρχές.

Η μετατόπιση μπορεί να μετρηθεί στις απλούστερες περιπτώσεις με μηχανικά συστήματα (γραμμικά μικρόμετρα ή γωνιόμετρα) και για να γίνει αυτό πρέπει να υπάρξει ανθρώπινη παρέμβαση, όσον αφορά στην ανάγνωση της μέτρησης και συχνά στην εκτέλεσή της. Ένας καλύτερος τρόπος είναι με τη βοήθεια ενός ποτενσιομέτρου (γραμμικού ή περιστροφικού), καθώς γνωρίζουμε ότι η έξοδος ενός ποτενσιομέτρου είναι ανάλογη κάποιου μήκους ή γωνίας. Τα μειονεκτήματα των ποτενσιομέτρων είναι η εξάρτηση της τάσης εξόδου από την αντίσταση που συνδέεται σε αυτήν, η μηχανική φθορά της ποτενσιομετρικής ράβδου ή του ποτενσιομετρικού δακτυλίου από τη συνεχή ολίσθηση ενός δρομέα επάνω του και η συχνά βηματική φύση των τιμών της τάσης εξόδου, όταν η ποτενσιομετρική ράβδος αποτελείται από περιελιγμένο καλώδιο και επομένως ο δρομέας σταθμεύει εν γένει μεταξύ των περιελίξεων. Οι πιο σύγχρονοι τρόποι μέτρησης της μετατόπισης και θέσης είναι οι επαγωγικοί και οι χωρητικοί αισθητήρες μετατόπισης, που θα περιγραφούν στη συνέχεια.

Η μέτρηση της προσέγγισης μπορεί να γίνει με μηχανικό τρόπο με τη βοήθεια ενός διακόπτη επαφής: Τοποθετούμε το διακόπτη στη θέση που μας ενδιαφέρει και όταν το κινούμενο αντικείμενο φθάσει σε αυτήν τη θέση κλείνει ή ανοίγει το διακόπτη, ενεργοποιώντας μέσω αυτού κάποιο κύκλωμα ελέγχου. Ένας πιο ολοκληρωμένος τρόπος μέτρησης της προσέγγισης είναι μέσω της αντίστοιχης θέσης. Για να το κάνουμε αυτό χρησιμοποιούμε έναν αισθητήρα μετατόπισης, ο οποίος παράγει μία τάση ανάλογη της θέσης. Συγκρίνουμε την τάση αυτή με την τάση που αναπτύσσεται όταν το εξεταζόμενο αντικείμενο φθάσει στην προκαθορισμένη θέση και από το αποτέλεσμα της σύγκρισης

ενεργοποιούμε ή όχι το κύκλωμα ελέγχου. Έτσι, η μέτρηση της προσέγγισης ανάγεται στη μέτρηση της μετατόπισης. Υπάρχουν πάντως και ειδικές μέθοδοι μέτρησης της μετατόπισης, που στηρίζονται στη μέτρηση μαγνητικού πεδίου (αισθητήρες προσέγγισης μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης, αισθητήρες προσέγγισης φαινομένου Hall – βλέπε ενότητα 4.5) και στην ανάκλαση μίας φωτεινής δέσμης από το μετατοπιζόμενο αντικείμενο (οπτικοί αισθητήρες προσέγγισης).

Για τη μέτρηση της ταχύτητας ενός αντικειμένου χρησιμοποιούνται τεχνικές υπερήχων ή ραδιοκυμάτων (radar). Σύμφωνα με αυτές εκπέμπεται προς το αντικείμενο ένα κύμα (υπέρηχος ή ραδιοκύμα), το οποίο ανακλάται από το αντικείμενο και ένα τμήμα του επιστρέφει προς τη συσκευή εκπομπής. Το τμήμα του κύματος που επιστρέφει έχει μήκος κύματος ελαφρά διαφορετικό από αυτό που εκπέμπεται λόγω του φαινομένου Doppler και η διαφορά αυτή σχετίζεται με την ταχύτητα του αντικειμένου.

Η μέτρηση της επιτάχυνσης σχετίζεται με τη μέτρηση της δύναμης, καθώς τα μεγέθη αυτά είναι ανάλογα. Εντούτοις, οι αισθητήρες δύναμης που έχουμε περιγράψει στο προηγούμενο κεφάλαιο στηρίζονται στη μέτρηση του μεγέθους της πίεσης, η οποία προϋποθέτει τη φυσική επαφή του εξεταζόμενου αντικειμένου με το αντικείμενο που το πιέζει. Είναι όμως δυνατό να επιταχυνθεί ένα αντικείμενο χωρίς να υποστεί πίεση, εάν για παράδειγμα μετατοπιστεί βίαια το στήριγμά του λόγω κάποιας δύναμης (βαρυτικής, κεντρομόλου, ηλεκτρικής κ.ά.) που ενεργεί επάνω σε αυτό από απόσταση. Έτσι υπάρχουν αισθητήρες ειδικά κατασκευασμένοι για να μετρούν αποκλειστικά το μέγεθος της επιτάχυνσης και ονομάζονται επιταχυνσιόμετρα (accelerometers). Αυτοί θα περιγραφούν στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού.

Ο ρόλος των αισθητήρων θέσης ή μετατόπισης εξαρτημάτων στο αυτοκίνητο είναι να υπολογίζουν με ακρίβεια τη θέση ενός άξονα ή ενός εξαρτήματος και να δίνουν την πληροφορία στο μικροϋπολογιστή. Τα περισσότερα εξαρτήματα στο αυτοκίνητο κινούνται με περιστροφική ή ευθύγραμμη κίνηση. Έτσι υπάρχουν αισθητήρες που υπολογίζουν τη γωνία

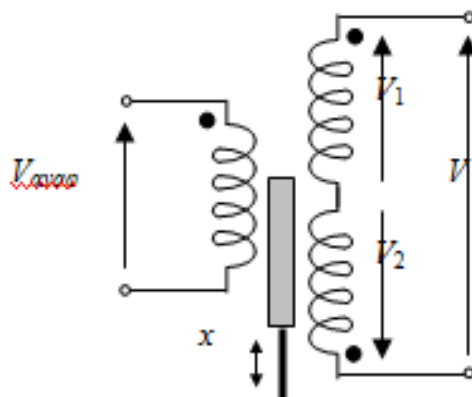
περιστροφής ενός άξονα, τη θέση ή τη γραμμική μετατόπιση ενός εξαρτήματος.

#### 4.2 Επαγωγικοί αισθητήρες μετατόπισης

Οι επαγωγικοί αισθητήρες μετατόπισης στηρίζονται σε ένα μετασχηματιστή, του οποίου ο πυρήνας σιδήρου συνδέεται στο εξεταζόμενο αντικείμενο. Όταν μετατοπίζεται το αντικείμενο, μετατοπίζεται και ο πυρήνας. Το δευτερεύον του μετασχηματιστή αποτελείται από δύο ίδια πηνία, συνδεδεμένα σε σειρά, τα οποία ευρίσκονται σε επαγωγική σύζευξη με το πρωτεύον πηνίο του μετασχηματιστή με τη βοήθεια του πυρήνα σιδήρου.

Εάν μετατοπιστεί ο πυρήνας προς μία κατεύθυνση, θα εισέλθει περισσότερο στο ένα δευτερεύον πηνίο και επακόλουθα θα αυξηθεί η σύζευξή του με αυτό, με αποτέλεσμα το πηνίο αυτό να εμφανίσει αυξημένη τάση στα άκρα του.

Ταυτόχρονα ο πυρήνας απομακρύνεται από το άλλο δευτερεύον πηνίο, με αποτέλεσμα αυτό να εμφανίσει μειωμένη τάση στα άκρα του. Η διαφορά των δύο τάσεων αποτελεί την τάση εξόδου και έχει πλάτος και διαφορά φάσης που είναι ανάλογα της μετατόπισης του πυρήνα σιδήρου (η διαφορά φάσης υπολογίζεται ως προς το εναλλασσόμενο σήμα που εφαρμόζουμε στο πρωτεύον πηνίο, το οποίο αποτελεί σήμα αναφοράς).



Σχήμα 4.01: Γενική μορφή ενός επαγωγικού αισθητήρα γραμμικής μετατόπισης (LVDT) [4].

Το πρόσημο της διαφοράς φάσης δείχνει την κατεύθυνση της μετατόπισης. Η γενική μορφή των σημάτων αναφοράς (στο πρωτεύον) και εξόδου είναι:

$$V_{\text{αναφ}} = V_1 \eta\mu(\omega t) \quad (4.1)$$

και

$$V = V_1 - V_2 = V_0 \eta\mu(\omega t + \varphi) \quad (4.2)$$

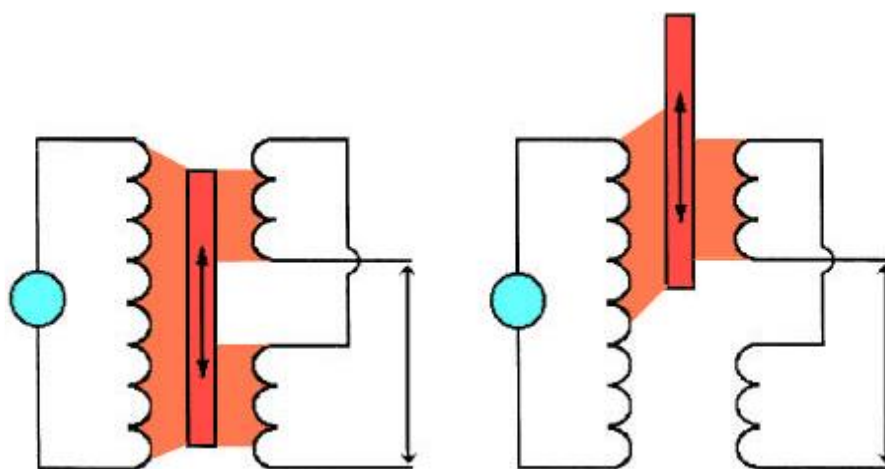
όπου

$V_1$  και  $V_0$  = είναι τα πλάτη των σημάτων.

Ο απλούστερος τρόπος σύνδεσης των δύο δευτερευόντων πηνίων μεταξύ τους, ώστε να λαμβάνεται εύκολα η διαφορά των τάσεων που αναπτύσσονται σε αυτά, επιτυγχάνεται εάν αυτά έχουν αντίθετη φορά περιέλιξης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1.

Η διάταξη αυτή ονομάζεται γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής (linear variable differential transformer, LVDT) και παράγεται ως εμπορικό προϊόν για τη μέτρηση θέσεων και γραμμικών μετατοπίσεων

Μία παραλλαγή της διάταξης LVDT είναι ο περιστροφικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής (rotary variable differential transformer, RVDT), ο οποίος χρησιμοποιείται για τη μέτρηση γωνιακών μετατοπίσεων, δηλαδή περιστροφών. Η μέτρηση αυτή επιτυγχάνεται τοποθετώντας έναν περιστρεφόμενο πυρήνα σιδήρου μεταξύ δύο πηνίων που έχουν μορφή τυπωμένου κυκλώματος. Τα πηνία είναι τοποθετημένα έκκεντρα ως προς τον άξονα περιστροφής του πυρήνα, και έτσι η περιστροφή του πυρήνα μεταβάλλει τη σύζευξη των πηνίων, προκαλώντας τη δημιουργία τάσης σε δύο κατάλληλα σημεία.



Σχήμα 4.02: Γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής [3].

#### 4.3 Χωρητικοί αισθητήρες μετατόπισης

Οι χωρητικοί αισθητήρες μετατόπισης αξιοποιούν τη γνωστή σχέση που συνδέει τη χωρητικότητα  $C$  ενός επίπεδου πυκνωτή με τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά:

$$C = \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{l} \quad (4.3)$$

όπου

$S$  = είναι το εμβαδόν των οπλισμών

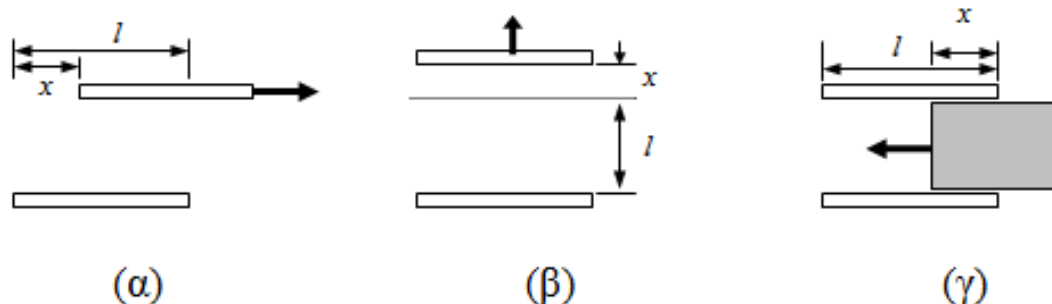
$l$  = είναι η απόσταση των οπλισμών

$\epsilon_0$  = είναι η απόλυτη διηλεκτρική σταθερά του κενού (είναι ίση με  $8.854 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ )

$\epsilon$  = είναι η σχετική διηλεκτρική σταθερά του υλικού που υπάρχει μεταξύ των οπλισμών (λαμβάνει τιμές από 1 έως περίπου 80).

Με εξαίρεση την  $\epsilon_0$ , που είναι σταθερή ποσότητα, τα μεγέθη  $S$ ,  $l$  και  $\epsilon$  μπορούν να μεταβάλλονται και έτσι είναι δυνατή η αναγωγή κάποιας

μετατόπισης  $x$  στη μεταβολή ενός από τα παραπάνω μεγέθη. Οι περιπτώσεις αυτές εικονίζονται διαγραμματικά στο Σχήμα 4.03.



Σχήμα 4.03: Παραδείγματα μεταβολής των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ενός πυκνωτή:(α) ολίσθηση ενός οπλισμού ως προς τον άλλο, (β) απομάκρυνση των οπλισμών, (γ) εισαγωγή ενός τεμαχίου διηλεκτρικού υλικού [4].

Έτσι η ολίσθηση του ενός οπλισμού ως προς τον άλλο [Σχήμα 4.03 (α)] μεταβάλλει την επιφάνεια επικάλυψης των οπλισμών. Εάν οι οπλισμοί έχουν μήκος  $s$  και πλάτος  $w$  και επικαλύπτονται, τότε η μέγιστη επιφάνεια επικάλυψης ισούται με  $S = s \cdot w$ . Η ολίσθηση του ενός οπλισμού ως προς τον άλλο υπολογίζεται εύκολα ότι μεταβάλλει τη χωρητικότητα  $C$  κατά την ποσότητα:

$$\Delta C = \varepsilon \varepsilon_0 \frac{s(w-x)}{l} \quad (4.4)$$

Η απομάκρυνση ή προσέγγιση των οπλισμών [Σχήμα 4.03 (β)] μεταβάλλει την απόστασή τους  $l$ . Για παράδειγμα, εάν οι δύο οπλισμοί απομακρυνθούν κατά  $x$  υπολογίζεται εύκολα ότι η χωρητικότητα  $C$  μεταβάλλεται κατά την ποσότητα:

$$\Delta C = \varepsilon \varepsilon_0 \frac{S x}{l(l+x)} \quad (4.5)$$

Η εισαγωγή ενός τεμαχίου διηλεκτρικού υλικού (ξύλου, πλαστικού, κεραμικού, γυαλιού κ.ο.κ) με σχετική διηλεκτρική σταθερά  $\epsilon$  κατά απόσταση  $x$  στο διάκενο μεταξύ δύο οπλισμών μήκους  $s$  και πλάτους  $w$  [Σχήμα 4.03 (γ)] υπολογίζεται εύκολα ότι μεταβάλλει τη χωρητικότητα  $C$  κατά την ποσότητα:

$$\Delta C = (\epsilon - 1) \epsilon_0 \frac{w x}{l} \quad (4.6)$$

Οι παραπάνω μεταβολές της χωρητικότητας μπορούν να μετατραπούν εύκολα σε μεταβολές τάσης εάν διαβιβαστεί στους οπλισμούς εναλλασσόμενο σήμα συχνότητας  $f$ . Γνωρίζουμε ότι η σύνθετη αντίσταση (εμπέδηση)  $Z_C$  ενός πυκνωτή δίνεται από τη σχέση:

$$Z_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (4.7)$$

Αυτό σημαίνει ότι οι μεταβολές χωρητικότητας δημιουργούν αντίστοιχες μεταβολές εμπέδησης, οι οποίες γνωρίζουμε ότι μετρούνται, μεταξύ άλλων, με κυκλώματα γέφυρας Wheatstone ή διαιρέτες τάσης. Έτσι μπορεί να προκύψει μία εναλλασσόμενη τάση με πλάτος που εξαρτάται από τη μεταβολή της χωρητικότητας και άρα τη μετατόπιση.

#### 4.4 Επιταχυνσιόμετρα

Τα επιταχυνσιόμετρα είναι αισθητήρες που ανιχνεύουν επιταχύνσεις και επιπρόσθετα δονήσεις και κρούσεις (shocks). Διαθέτουν μία μάζα  $m$  που τείνει να κινηθεί αντίθετα από την κατεύθυνση της επιτάχυνσης (λόγω της αδράνειας που εμφανίζει) και γι' αυτό ονομάζεται σεισμική μάζα (seismic mass). Υπάρχουν δύο τρόποι αξιοποίησης του φαινομένου αυτού για την παραγωγή ενός ανάλογου ηλεκτρικού σήματος εξόδου.

Καταρχήν η μάζα μπορεί να αφεθεί να κινηθεί, συνδεδεμένη με ένα ελατήριο και έναν αποσβεστήρα (αμορτισέρ) με τον τρόπο που εικονίζεται στο Σχήμα 4.04. Η μετατόπιση  $x$  της μάζας υπόκειται στο νόμο του Hooke:



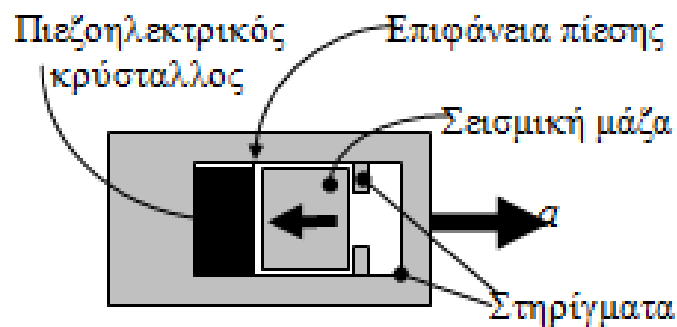
$$F = k \cdot x \quad (4.8)$$

όπου

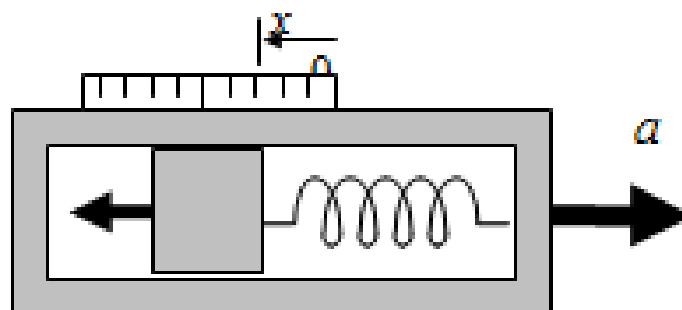
$k$  = είναι η σταθερά του χρησιμοποιούμενου ελατηρίου και είναι ανάλογη της σκληρότητάς του.

Η επιτάχυνση  $a$  υπολογίζεται από τη γνωστή σχέση:

$$a = F/m \quad (4.9)$$



Σχήμα 4.04: Αρχή λειτουργίας πιεζοηλεκτρικού επιταχυνσιόμετρου [4].



Σχήμα 4.05: Αρχή λειτουργίας επιταχυνσιόμετρου σεισμικής μάζας [4].

Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι η μετατόπιση πρέπει να μετατραπεί σε ηλεκτρικό σήμα με τη βοήθεια ενός ποτενσιομέτρου ή μίας διάταξης LVDT.

Εναλλακτικά, η σεισμική μάζα μπορεί να τεθεί σε μόνιμη επαφή με έναν πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο, ο οποίος να είναι ακλόνητα συνδεδεμένος με το περίβλημα του συστήματος (Σχήμα 4.04). Εάν το σύστημα υποστεί επιτάχυνση, η μάζα τείνει να κινηθεί αντίθετα προς την κατεύθυνση της επιτάχυνσης και πιέζει τον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο, οπότε αυτός παράγει μία τάση ανάλογη της πίεσης (δύναμης) που έχει δεχθεί, και επομένως ανάλογη της επιτάχυνσης. Τα στηρίγματα του Σχήματος 4.04 αντικαθίστανται συχνά από μία βίδα, η οποία διαπερνά τον κρύσταλλο και τη σεισμική μάζα και τα κρατά σε επαφή.

Τα επιταχυνσιόμετρα των Σχημάτων 4.04 και 4.05 μπορούν να ανιχνεύουν επιταχύνσεις παράλληλες στην κύρια διάστασή τους. Υπάρχουν στο εμπόριο και επιταχυνσιόμετρα που ανιχνεύουν επιταχύνσεις κάθετες στην κύρια διάστασή τους. Θα περιγράψουμε τα δύο είδη στα παραδείγματα που ακολουθούν.

Στο εμπόριο διατίθενται πολλά προϊόντα από διάφορους κατασκευαστές. Ως παράδειγμα επιταχυνσιομέτρων που μετρούν διαμήκεις επιταχύνσεις, παράλληλες στην κύρια διάστασή τους, αναφέρουμε τη σειρά EGA της εταιρείας Entran. Η εξωτερική όψη και το σχηματικό διάγραμμα των προϊόντων της σειράς εικονίζονται στο Σχήμα 4.06.



Εικόνα 4.01: Επιταχυνσιόμετρο σειράς EGA της εταιρείας Entran [4].

#### 4.5 Αισθητήρας HALL

Οι αισθητήρες φαινόμενου Hall χρησιμοποιούνται στους διανομείς πολλών συστημάτων ανάφλεξης για να ενεργοποιήσουν το πρωτεύον κύκλωμα (έναυση σπινθήρα) και για να μετρήσουν την ταχύτητα περιστροφής (στροφές/λεπτό) του κινητήρα. Χρησιμοποιούνται επίσης σε πολλά συστήματα ανάφλεξης χωρίς διανομέα (DIS) για να καθορίσουν τη θέση του στροφαλοφόρου και του εκκεντροφόρου άξονα.

Μόλις ο πολύ σημαντικός "συγχρονισμένος παλμός" ανιχνεύεται, η ακολουθία ανάφλεξης μπορεί να αρχίσει να δίνει τάση στα μπουζί στη σωστή ακολουθία. Αυτό επιτρέπει επίσης στο χρόνο έγχυσης να αντιστοιχηθεί με το χρόνο που δίνεται από τον σπινθήρα στον κινητήρα με διαδοχική έγχυση καυσίμου.

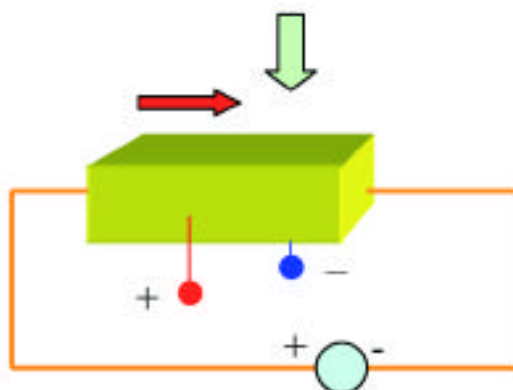
Οι αισθητήρες Hall αναφέρονται μερικές φορές ως "διακόπτες" λόγω του on-off "ψηφιακού" σήματος τάσης που παράγουν. Αντίθετα από τους μαγνητικούς αισθητήρες που παράγουν ένα σήμα εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) που ποικίλλει στην τάση με την ταχύτητα, οι αισθητήρες Hall παράγουν ένα σταθερό σήμα τάσης που μπορεί να αλλάξει απότομα από τη μέγιστη τάση σε σχεδόν μηδέν και πάλι πίσω, ανεξάρτητα από τις στροφές του κινητήρα. Αυτό παράγει σήμα κυματομορφής, σχεδόν τετραγωνικής, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα από τον υπολογιστή για λόγους συγχρονισμού.

#### Λειτουργία

Τη στιγμή που ένα μεταλλικό έλασμα εισέρχεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο με μια συγκεκριμένη γωνία, τότε δημιουργείται στα άκρα του ελάσματος διαφορά δυναμικού (δηλαδή τάση). Ένας χαρακτηριστικός αισθητήρας Hall έχει τρία καλώδια ή τερματικά: ένα για τη γείωση, ένα για την τάση μπαταρίας ή αναφοράς και ένα για το σήμα εξόδου. Για να παράγει ένα σήμα εξόδου, ένας αισθητήρας Hall πρέπει να τροφοδοτηθεί με μια τάση αναφοράς από τον υπολογιστή του οχήματος (που μπορεί να είναι 5 έως 12V ανάλογα με την

εφαρμογή). Η τάση τροφοδότησης είναι απαραίτητη για να δημιουργηθεί το φαινόμενο που λαμβάνει χώρα μέσα στον αισθητήρα.

Η αρχή λειτουργίας στην οποία είναι βασισμένοι οι αισθητήρες Hall, χρονολογείται από 1879 όταν ο Αμερικανός επιστήμονας Edwin H. Hall, ανακάλυψε ένα νέο ηλεκτρικό φαινόμενο. Όταν εφάρμοσε ένα ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα κομμάτι του μετάλλου που παρεμβλήθηκε μεταξύ δύο μαγνητών, δημιούργησε μια δευτεροβάθμια τάση μέσα στο μέταλλο, που ήταν τοποθετημένο υπό σωστή γωνία στην εφαρμοσμένη τάση (Σχήμα 4.07).



Σχήμα 4.06: Φαινόμενο Hall [3].

Το φαινόμενο Hall προσαρμόστηκε έτσι ώστε η αλλαγή τάσης να εμφανίζεται σε ένα τσιπ σιλικόνης που τοποθετείται στη σωστή γωνία του μαγνητικού πεδίου. Όταν ένα μεταλλικό έλασμα περνά μέσω του κενού αέρα μεταξύ του μαγνητικού πεδίου και του τσιπ πυριτίου, διακόπτει το μαγνητικό πεδίο και αναγκάζει την τάση παραγωγής του τσιπ να μειωθεί ξαφνικά στο μηδέν.

Με τα πρόσθετα στοιχεία κυκλώματος, ο αισθητήρας μπορεί να κάνει ακριβώς το αντίθετο: να παράγει ένα σήμα τάσης όταν περνά το έλασμα από το μαγνητικό πεδίο. Τα πρόσθετα στοιχεία κυκλώματος ρυθμίζουν την τάση τροφοδότησης στο τσιπ και ενισχύουν την τάση εξόδου του.

Σε ένα σύστημα ανάφλεξης αυτοκινήτου, τα ελάσματα τοποθετούνται στον άξονα του διανομέα, στο ρότορα, στην τροχαλία του στροφαλοφόρου

άξονα ή στον εκκεντροφόρο και έτσι ο αισθητήρας μπορεί να παράγει ένα σήμα σπινθηροδότησης ή θέσης, ή και τα δύο μαζί, καθώς ο στροφαλοφόρος άξονας περιστρέφεται.

Σε μερικές εφαρμογές, μια εγκοπή σε μια τροχαλία, ένα δόντι γραναζιού ή ακόμα και ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό κουμπί εξυπηρετούν τον ίδιο σκοπό με το μεταλλικό έλασμα, για να διακόψουν το "μαγνητικό παράθυρο" του αισθητήρα και να κλείσουν το διακόπτη.

Ένας αισθητήρας Hall μπορεί να είναι, είτε "ανοικτός", είτε "κλειστός" ανάλογα με το πώς είναι σχεδιασμένα τα στοιχεία του κυκλώματός του. Όταν είναι "ανοικτός" παράγει μια σταθερή τάση εξόδου όταν το μαγνητικό παράθυρο είναι ανεμπόδιστο και κανένα έλασμα δεν περνά. Η τάση εξόδου μειώνεται για να πλησιάσει σε μηδέν όταν εισάγεται ένα μεταλλικό έλασμα στο μαγνητικό παράθυρο και εμποδίζει το πεδίο.

Το σήμα συλλογής του προφίλ ανάφλεξης (PIP) και το σήμα προσδιορισμού του πρώτου κυλίνδρου (CID) που βρίσκονται σε κινητήρες που έχουν ανάφλεξη χωρίς διανομέα (DIS) λειτουργεί με τον αντίθετο τρόπο. Όταν το έλασμα περνά και εμποδίζει το μαγνητικό πεδίο, ο εσωτερικός ηλεκτρονικός διακόπτης του αισθητήρα αλλάζει το σήμα εξόδου του αισθητήρα από πλησίον μηδέν (θέση off) στη μέγιστη τάση (on).

## Εφαρμογές

Σήμερα, η πλειοψηφία των σύγχρονων κινητήρων εφοδιάζεται με αισθητήρα ή διακόπτη Hall για να εντοπίζεται η θέση και οι στροφές του εκκεντροφόρου και του στροφαλοφόρου άξονα. Αυτοί οι αισθητήρες διαφέρουν σε μέγεθος και σε σχεδίαση, αλλά είναι όμοιοι στην αρχή και τον τρόπο λειτουργίας με κάθε άλλον.

Οι διαφορές αυτές εντοπίζονται κυρίως στην τάση λειτουργίας και τον τρόπο που τοποθετούνται ανάλογα με τη σχεδίαση κάθε κινητήρα. Ο αισθητήρας Hall είναι ένας πολύ ακριβής τρόπος για να γνωρίζει ο

"εγκέφαλος" του οχήματος ανά πάσα στιγμή τη θέση και την ταχύτητα των δυο αυτών αξόνων

Οι περισσότερες εφαρμογές χρησιμοποιούν διάκενα και ελάσματα. Το διάκενο αφήνει να περάσει το μαγνητικό πεδίο το οποίο δημιουργείται από ένα μόνιμο μαγνήτη. Όταν το έλασμα περάσει από το μαγνητικό πεδίο, τότε το διακόπτει και δημιουργείται μια αλλαγή στην τάση την οποία αισθάνεται ο "εγκέφαλος". Όταν περνά από το έλασμα τότε η τάση πέφτει πρακτικά στο μηδέν, ενώ όταν παρεμβάλλεται το έλασμα, η τάση ανεβαίνει σε μια συγκεκριμένη τιμή. Αυτή η τάση είναι συνήθως ίση με την τάση της μπαταρίας σε κάποια μοντέλα, ενώ σε κάποια ο Η/Υ δίνει τάση 8 Volt, και δέχεται μια τάση των 5 έως 0 Volt στο καλώδιο του αισθητήρα.

Μερικοί αισθητήρες Hall χρησιμοποιούν έναν κινητό μαγνήτη προσκολλημένο σε ένα δόντι για να υπολογίζεται ο χρόνος, αλλιώς κόμβους στο στρόφαλο για να δοθεί σήμα. Κάποιοι κατασκευαστές διαθέτουν κινητήρες που χρησιμοποιούν διπλούς αισθητήρες Hall. Όλοι οι αισθητήρες Hall έχουν 3 καλώδια για να λειτουργήσουν. Το ένα από αυτά μεταφέρει την τάση παροχής και το δεύτερο καλώδιο γειώνει τον αισθητήρα. Και τα δυο τροφοδοτούνται από την Αναλογία Ανάφλεξης ή τον "εγκέφαλο". Το τρίτο καλώδιο είναι η "μπαρέτα". Αυτό το καλώδιο είναι η έξοδος του αισθητήρα στον υπολογιστή. Η τάση αυξάνεται, συνήθως στην τάση της μπαταρίας και μετά μειώνεται σχεδόν στο μηδέν με την κίνηση των διάκενων και των ελασμάτων που εξηγήσαμε νωρίτερα. Το σήμα είναι σχεδόν τετράγωνο και έτσι δεν χρειάζεται μετατροπείας για να γίνει ψηφιακό για να διαβαστεί από τον υπολογιστή. Αυτός μετρά το χρόνο μεταξύ των παλμών και υπολογίζει τον απαιτούμενο χρονισμό και τροφοδοσία καύσιμου, ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα.

Για να λειτουργήσει σωστά ένας αισθητήρας Hall, πρέπει να έχει την κατάλληλη τάση και γείωση. Εάν οποιαδήποτε σύνδεση διακοπεί ο αισθητήρας δεν λειτουργεί. Επίσης ένα βραχυκύκλωμα στη γείωση ή στην τροφοδοσία ή στο καλώδιο εξόδου μηδενίζει την ένδειξη στο στροφόμετρο.



Εικόνα 4.02: Αισθητήρας Hall [6].

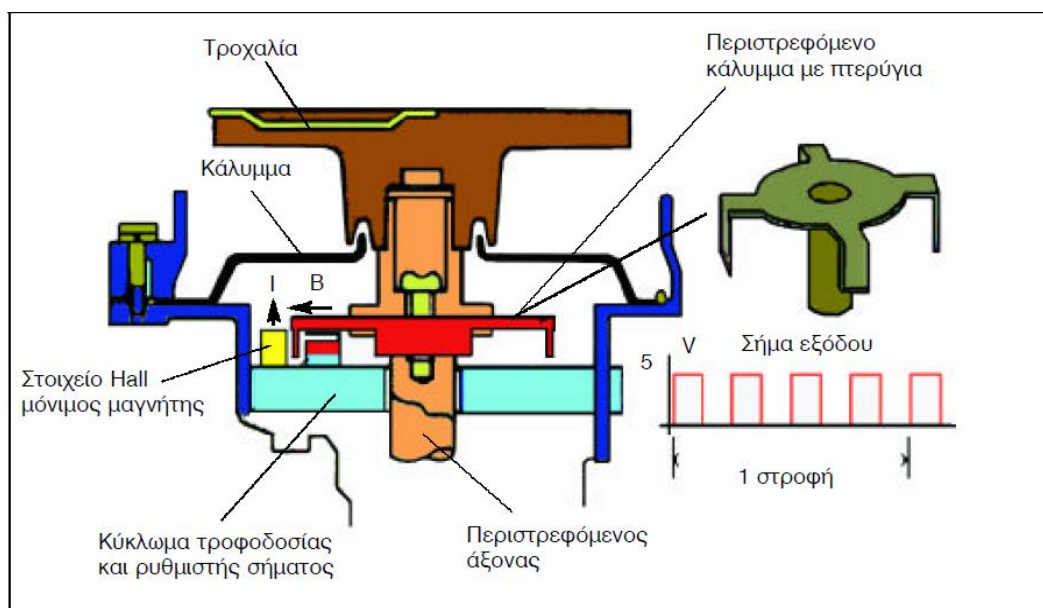
#### 4.6 Αισθητήρας ταχύτητας στροφαλοφόρου άξονα

Ο αισθητήρας ταχύτητας στροφαλοφόρου άξονα είναι πολύ σημαντικός για την λειτουργία του αυτοκινήτου καθώς η μέτρηση του είναι απαραίτητη για την ρύθμιση του χρονισμού της ανάφλεξης και της διάρκειας του ψεκασμού του καυσίμου.

Ο αισθητήρας ταχύτητας στροφαλοφόρου άξονα είναι ένας από τους κυριότερους αισθητήρες στον κινητήρα. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι μέτρησης του συγκεκριμένου μεγέθους. Οι κυριότεροι τρόποι όμως που εφαρμόζονται είναι: η μέτρηση με αισθητήρα ταχύτητας φαινομένου Hall, η μέτρηση με αισθητήρα ταχύτητας μαγνητιζόμενων επαφών, η μέτρηση με μαγνητική αντίσταση και η μέτρηση με οπτικό αισθητήρα.

### Αισθητήρας ταχύτητας στροφαλοφόρου άξονα τύπου φαινομένου Hall

Ο αισθητήρας ταχύτητας στροφαλοφόρου τύπου φαινομένου Hall είναι πολύ διαδεδομένος, καθώς θεωρείται πολύ ακριβής και αξιόπιστος. Ο αισθητήρας ταχύτητας στροφών στροφαλοφόρου τύπου φαινομένου Hall παρακολουθεί 360 σιδηρομαγνητικά δόντια που βρίσκονται σε ένα τροχό στο στροφαλοφόρο. Ο αισθητήρας Hall βρίσκεται ανάμεσα από τον στροφαλοφόρο και από ένα μόνιμο μαγνήτη ο οποίος σχηματίζει ένα κάθετο μαγνητικό πεδίο προς το στοιχείο Hall. Εάν ένα δόντι περάσει μπροστά από το στοιχείο του αισθητήρα, τότε μεταβάλλεται η ένταση του μαγνητικού πεδίου και δημιουργείται μια τάση από επαγωγή και ένα ψηφιακό σήμα από τον αισθητήρα Hall. Η περιστροφή του τροχού στον στροφαλοφόρο μεταβάλλει επομένως την τάση του αισθητήρα Hall στην κεφαλή του αισθητήρα. Η μεταβαλλόμενη τάση μεταβιβάζεται και αξιολογείται στη μονάδα ελέγχου. Έτσι δημιουργείται ένας παλμός, ο οποίος είναι και το ψηφιακό σήμα εξόδου. Το σήμα αυτό είναι ανάλογο προς τον αριθμό των στροφών του στροφαλοφόρου άξονα ανά λεπτό.



Σχήμα 4.07: Αισθητήρας ταχύτητας στροφών φαινομένου Hall [3].





Εικόνα 4.03: Αισθητήρας Hall ταχύτητας στροφών άξονα [3].

#### *Αισθητήρας ταχύτητας στροφαλοφόρου άξονα τύπου μαγνητιζόμενων επαφών*

Η μέθοδος μέτρησης της ταχύτητας του στροφαλοφόρου άξονα με αισθητήρα ταχύτητας τύπου μαγνητιζόμενων επαφών, χρησιμοποιεί ένα μόνιμο μαγνήτη ο οποίος είναι στερεωμένος πάνω στον στροφαλοφόρο άξονα. Έτσι, καθώς ο μαγνήτης περιστρέφεται μαγνητίζει και απομαγνητίζει δυο σταθερές μαγνητικές επαφές, οι οποίες ανάλογα με το είδος της μαγνήτισης έλκονται ή απωθούνται μεταξύ τους. Έτσι με αυτόν τον τρόπο, και ενώ η μία μαγνητική επαφή τροφοδοτείται με τάση 5V, παράγεται ένα σήμα το οποίο είναι ανάλογο προς τον αριθμό των στροφών του στροφαλοφόρου άξονα ανά λεπτό.

Ο αισθητήρας αυτός λόγω της απλότητας στην λειτουργία του και της φτηνής κατασκευής είναι αρκετά διαδεδομένος στα αυτοκίνητα ωστόσο έχει το μειονέκτημα της μη αξιόπιστης μέτρησης των υψηλών στροφών.

#### *Αισθητήρας ταχύτητας στροφαλοφόρου άξονα με μαγνητική αντίσταση*

Η μέθοδος μέτρησης της ταχύτητας του στροφαλοφόρου άξονα με μαγνητική αντίσταση, χρησιμοποιεί έναν επαγωγικό αισθητήρα αποτελούμενο από ένα πηνίο και ένα μόνιμο μαγνήτη. Ένα μεταλλικό έκκεντρο τοποθετείται πάνω στον άξονα για να προκαλεί αλλαγή της μαγνητικής ροής μέσα στο

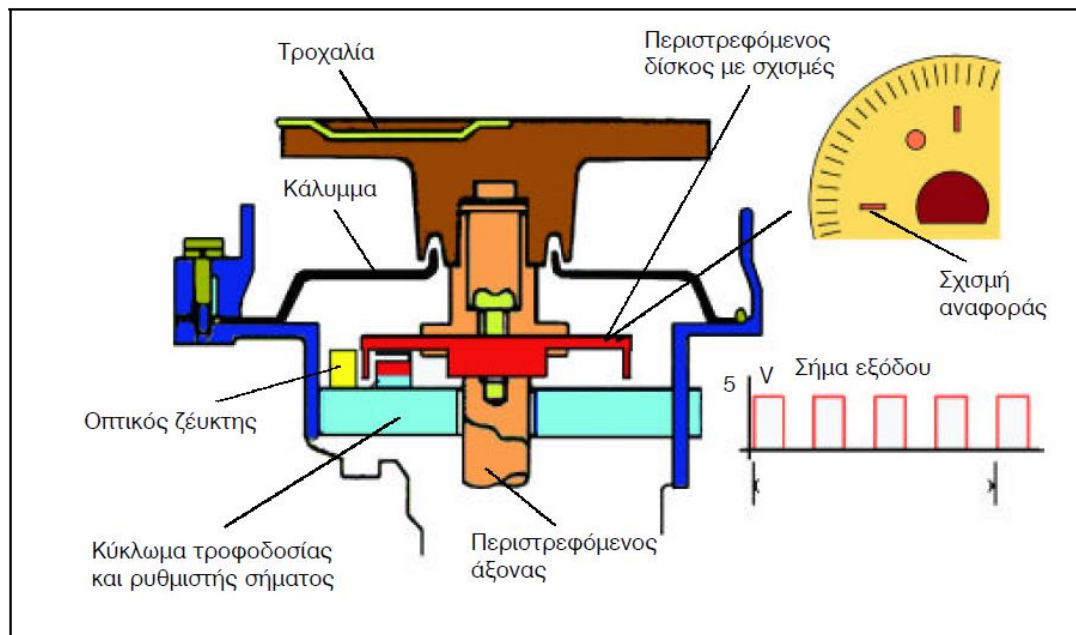
πηνίο όταν αυτό διέρχεται μπροστά από τον άξονα. Έτσι λοιπόν, για κάθε περιστροφή του άξονα υπάρχει δημιουργία μέσω επαγωγής ενός παλμού, ο οποίος στην συνέχεια προωθείται για περαιτέρω επεξεργασία από τα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Η διάταξη αυτή είναι γνωστή και ως γεννήτρια μαγνητικών παλμών και πλεονέκτημα της είναι η αξιοπιστία.

#### *Οπτικός αισθητήρας ταχύτητας στροφαλοφόρου άξονα*

Η μέθοδος μέτρησης ταχύτητας στροφαλοφόρου με οπτικό αισθητήρα, χρησιμοποιεί ένα μεταλλικό διάτρητο δίσκο ο οποίος είναι στερεωμένος πάνω στον στροφαλοφόρο και έχει 360 εγκοπές, (κάθε εγκοπή σχετίζεται με μία μοίρα), ώστε να παράγεται σήμα κάθε 1°.

Πιο αναλυτικά, ο οπτικός αισθητήρας στροφών στροφαλοφόρου αποτελείται από ένα LED, δηλαδή μία δίοδο που εκπέμπει υπέρυθρο φως και από ένα φωτο-τρανζίστορ. Ο αισθητήρας είναι τοποθετημένος κατάλληλα έτσι ώστε το LED, (το οποίο τροφοδοτείται με 12 Volt DC ώστε να εκπέμπει συνεχώς), να εκπέμπει πάνω στο φωτοτρανζίστορ. Επιπλέον ο μεταλλικός δίσκος βρίσκεται ανάμεσα στο LED και στο φωτοτρανζίστορ, ώστε καθώς γυρίζει ο δίσκος η φωτεινή δέσμη στο LED, να διακόπτεται και να επανέρχεται διαδοχικά και συνεχώς κατά την διαδρομή της προς το φωτοτρανζίστορ. Με αυτόν τον τρόπο, το φωτοτρανζίστορ το οποίο εδώ δουλεύει σαν διακόπτης, παράγει ένα ψηφιακό σήμα ανάλογο με τον αριθμό των εγκοπών στο δίσκο και την ταχύτητα περιστροφής τους.



Σχήμα 4.08: Οπτικός αισθητήρας ταχύτητας στροφαλοφόρου άξονα [3].

#### 4.7 Αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου

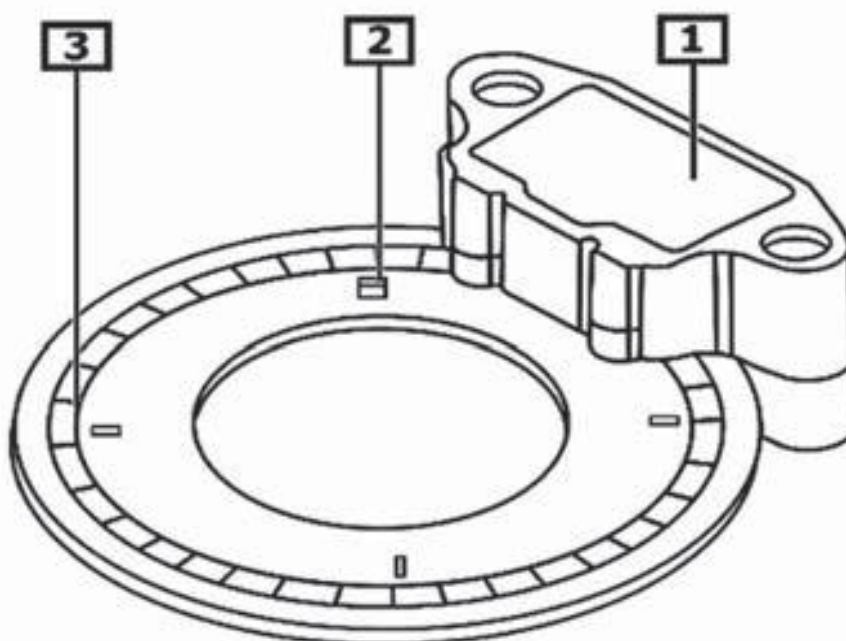
Ο αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου μετράει την θέση και την ταχύτητα του εκκεντροφόρου, μεγέθη απαραίτητα για τα ηλεκτρονικά ελέγχου της ανάφλεξης, το χρονισμό των βαλβίδων και γενικά για την λειτουργία του κινητήρα και του αυτοκινήτου.

Οι πιο βασικοί και διαδεδομένοι τύποι αισθητήρων για την μέτρηση του εν λόγω μεγέθους είναι:

- ❖ Αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου οπτικού τύπου
- ❖ Αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου τύπου Hall

Ο πρώτος τύπος αισθητήρα χρησιμοποιεί την τεχνολογία των οπτικών αισθητήρων σε συνεργασία με ένα διάτρητο δίσκο, ο οποίος είναι τοποθετημένος στον εκκεντροφόρο. Η τεχνολογία και η αρχή λειτουργίας του

αισθητήρα δεν διαφέρει σε τίποτα με αυτήν που αναλύθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο για τον οπτικό αισθητήρα στροφαλοφόρου. Η μόνη διαφορά είναι ότι εδώ ο δίσκος εκτός από τα σημάδια (τις εγκοπές) 360° έχει και μία εγκοπή για κάθε κύλινδρο ώστε να δημιουργείται ένα σήμα αναγνώρισης για τον κάθε κύλινδρο.

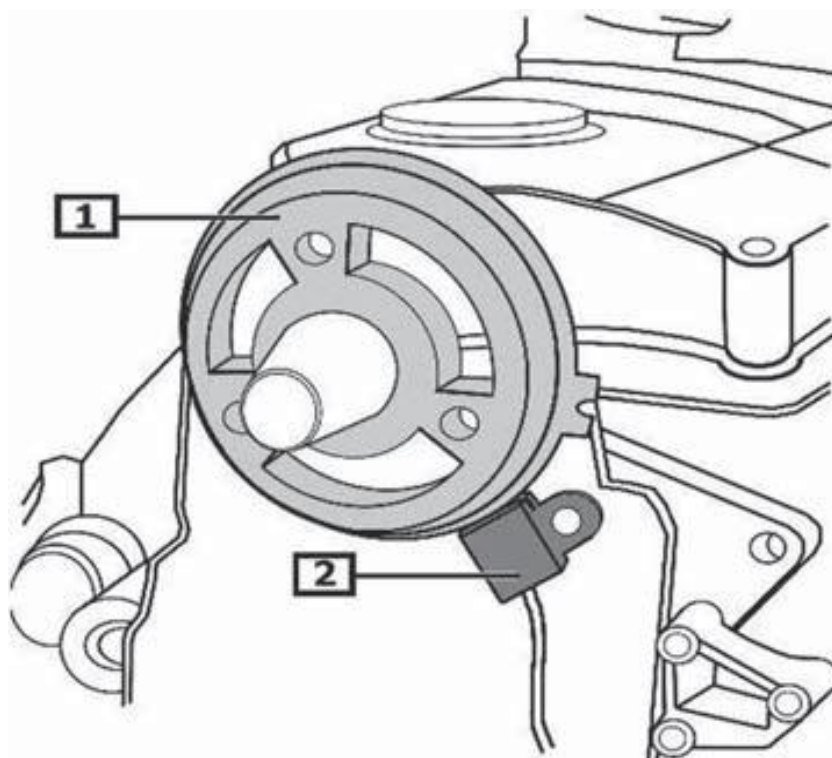


Σχήμα 4.09: Οπτικός αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου  
1.LED, 2.Σημάδι για τον κύλινδρο 1, 3. Σημάδια 360° [6].

Έτσι λοιπόν δημιουργείται ένας παλμός για κάθε κύλινδρο όπου ενημερώνει την μονάδα ελέγχου με την θέση του εμβόλου 70° πριν από το ΑΝΣ ανάφλεξης του κάθε κυλίνδρου, για τον υπολογισμό της γωνίας ανάφλεξης.

Ο δεύτερος τύπος αισθητήρα για την μέτρηση της θέσης του εκκεντροφόρου χρησιμοποιεί το φαινόμενο Hall για να μετρήσει. Ένας μόνιμος μαγνήτης που υπάρχει στον αισθητήρα δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο. Σε αυτό το μαγνητικό πεδίο βρίσκεται ένας αγωγός στο οποίο ρέει ρεύμα έτσι ώστε να δημιουργείται κάθετα προς το ρεύμα και κάθετα προς το μαγνητικό πεδίο μία ηλεκτρική τάση, η οποία εξαρτάται από την ένταση του μαγνητικού

πεδίου. Το μαγνητικό πεδίο στον αισθητήρα μεταβάλλεται μέσω ενός οδοντωτού δίσκου που είναι στερεωμένος στον εκκεντροφόρο. Δηλαδή, μόλις περάσει ένα δόντι του δίσκου μπροστά από το μαγνητικό πεδίο του αισθητήρα, τότε μεταβάλλεται η ένταση του μαγνητικού πεδίου και δημιουργείται μία τάση από επαγωγή και ένα ψηφιακό σήμα.



Σχήμα 4.10: Αισθητήρας θέσης εκκεντροφόρου τύπου Hall:  
(1) τροχός αισθητήρα εκκεντροφόρου άξονα, (2) αισθητήρας Hall [6].

Το αποτέλεσμα είναι ότι με την περιστροφή του δίσκου, οπότε και του εκκεντροφόρου η τάση του αισθητήρα μεταβάλλεται και το σήμα που παράγεται είναι ανάλογο της θέσης και της ταχύτητας του εκκεντροφόρου. Ο αισθητήρας αυτός δεν έχει πολλά προβλήματα, είναι αποδοτικός και χρησιμοποιείται ευρέως στην αυτοκινητοβιομηχανία στις μέρες μας.

#### 4.8 Αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού

Ο αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού είναι ένα σημαντικό στοιχείο του συστήματος της ηλεκτρονικά ελεγχόμενης πεταλούδας γκαζιού ETC (Electrical Throttle Control System), της πεταλούδας η οποία ανοίγει και κλείνει με την βοήθεια ενός ηλεκτρικού μοτέρ και όχι με ντίζα όπως ήταν διαδεδομένο παλαιότερα.

Ο αισθητήρας Θέσης Πεταλούδας Γκαζιού (TP) είναι τοποθετημένος στο σώμα της πεταλούδας και ανιχνεύει την γωνία ανοίγματος της πεταλούδας γκαζιού. Η μέτρηση και ο έλεγχος της θέσης της πεταλούδας γκαζιού είναι σημαντική καθώς η πληροφορία αυτή χρειάζεται στην ECU για τον υπολογισμό του φορτίου αέρα, τον υπολογισμό του χρόνου ψεκασμού και για την επιστροφή του ενεργοποιητή πεταλούδας στην αρχική του κλειστή θέση στην περίπτωση που ενεργοποιηθεί ο διακόπτης του ρελαντί.

Η πεταλούδα γκαζιού είναι ένα σημαντικό εξάρτημα του αυτοκινήτου και ο σκοπός της είναι να μετράει την ποσότητα του εισερχόμενου αέρα στον κινητήρα (μέσω της πολλαπλής εισαγωγής), αναλόγως της δύναμης του πατήματος του πεντάλ γκαζιού από τον οδηγό. Η πεταλούδα είναι στην ουσία ένα στρογγυλό στόμιο, το οποίο περιστρέφεται από την οριζόντια θέση (όταν η πεταλούδα είναι κλειστή, δηλαδή όταν το πεντάλ του γκαζιού δεν έχει πατηθεί καθόλου από τον οδηγό) έως στην κάθετη θέση (όταν η πεταλούδα είναι τελείως ανοιχτή, δηλαδή το πεντάλ του γκαζιού είναι πατημένο πλήρως).

Ο αισθητήρας θέσης πεταλούδας γκαζιού είναι ένας συρόμενος βραχίονας που τοποθετείται πρεσσαριστός κατευθείαν στον άξονα της πεταλούδας γκαζιού ενώ έχει και δύο ποτενσιόμετρα, από τα οποία το καθένα στέλνει ένα σήμα, στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ECU. Οι αντιστάσεις του ποτενσιόμετρου και οι ηλεκτρικές συνδέσεις, βρίσκονται πάνω σε μια πλαστική πλακέτα βιδωμένη στο έξω μέρος του σώματος της πεταλούδας. Η τροφοδοσία γίνεται από μια σταθεροποιημένη πηγή τάσης στα 5V. Σε κάθε αύξηση της γωνίας, αντιστοιχεί μια πτώση τάσης. Το ένα ποτενσιόμετρο (ας το ονομάσουμε 1) χρησιμοποιείται για να ανιχνεύει την γωνία της πεταλούδας

γκαζιού και το δεύτερο χρησιμοποιείται για να ανιχνεύει τυχόν βλάβες στο ποτενσιόμετρο 1.

Οι τάσεις των σημάτων του αισθητήρα κυμαίνονται μεταξύ 0 και 5 Volts. Η τάση του σήματος στο ποτενσιόμετρο 1 μεταβάλλεται σε αναλογία με την γωνία ανοίγματος της πεταλούδας γκαζιού και μεταδίδεται στους ακροδέκτες VTA του εγκεφάλου ECU. Η τάση του ποτενσιόμετρου 1 πρέπει κατά το πάτημα του πεντάλ γκαζιού από το ρελαντί μέχρι το πλήρες φορτίο να αυξάνεται σταθερά και να μειώνεται συνεχώς για το άλλο ποτενσιόμετρο. Όταν δεν πατιέται το πεντάλ γκαζιού πρέπει να απεικονίζεται η κατάσταση "ρελαντί". Ο εγκέφαλος ECU υπολογίζει την γωνία ανοίγματος της πεταλούδας γκαζιού σύμφωνα με τα σήματα αυτά (που όπως αναφέρθηκε παραπάνω κυμαίνονται από 0 έως 5 Volts) και ελέγχει το ηλεκτρικό μοτέρ κίνησης της πεταλούδας γκαζιού, (ενεργοποιητής) σε απόκριση των δεδομένων που εισάγονται από τον οδηγό με το πάτημα του πεντάλ του γκαζιού.

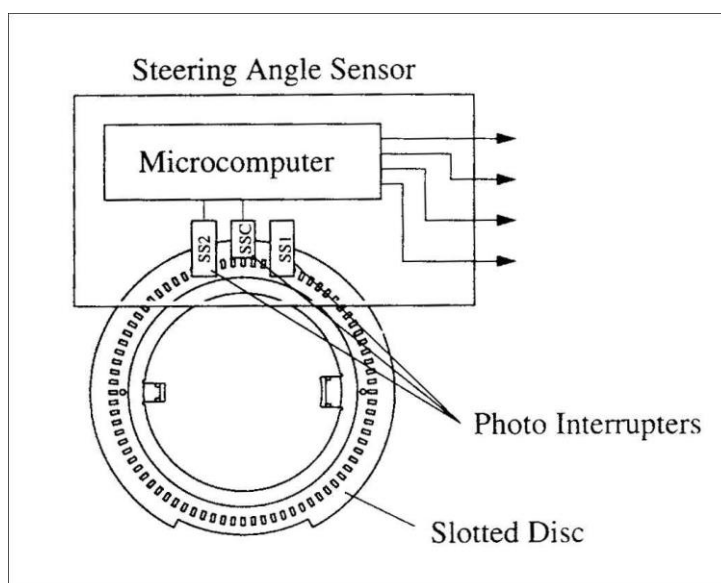


Εικόνα 4.04: Αισθητήρας πεταλούδας γκαζιού [1].

#### 4.9 Αισθητήρας γωνίας περιστροφής τιμονιού

Ο αισθητήρας γωνίας περιστροφής τιμονιού είναι ένας αισθητήρας του συστήματος ESP (ηλεκτρονικός έλεγχος ευστάθειας) που ενημερώνει την μονάδα ελέγχου του συστήματος για την γωνία στροφής του τιμονιού.

Ο αισθητήρας είναι τοποθετημένος στην κολώνα του τιμονιού και λειτουργεί με βάση την αρχή ενός φωτεινού φράγματος. Για την μέτρηση αυτού του μεγέθους χρησιμοποιούνται δύο οπτικοί αισθητήρες (π.χ. φωτοδιόδοι ή φωτοτρανζίστορ), οι οποίοι βρίσκονται απέναντι από μια πηγή φωτός, ενώ ανάμεσα τους παρεμβάλλεται ένας δίσκος κωδικοποίησης με δύο δακτυλίους σε μορφή διάτρητης μάσκας, ενός απλού δακτυλίου και αυξητικού δακτυλίου. Όταν περιστραφεί το τιμόνι, το φως θα περάσει από τα ανοίγματα της διάτρητης μάσκας και θα πέσει κατευθείαν πάνω στους οπτικούς αισθητήρες, οι οποίοι θα παράγουν μία τάση. Οι διάτρητες μάσκες, επειδή έχουν διαφορετική μορφή, συντελούν ώστε η τάση να παρουσιάζει διαφορετικές τιμές. Πιο αναλυτικά, από τον αυξητικό δακτύλιο δημιουργείται ένα ομοιόμορφο σήμα, ενώ αντίθετα από τον απόλυτο δακτύλιο ένα ανομοιόμορφο. Αυτά τα δύο σήματα συγκρίνονται και από την σύγκριση μπορεί η μονάδα ελέγχου να υπολογίσει πόσο στράφηκε το τιμόνι. Το παρακάτω σχήμα βοηθάει στην καλύτερη κατανόηση της περιγραφής της λειτουργίας του αισθητήρα.



Σχήμα 4.11: Αισθητήρας γωνίας τιμονιού [1].



Ο αισθητήρας εκτός από το να πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα για την γωνιακή θέση του τιμονιού, είναι και πολύ χρήσιμος και στις ακόλουθες λειτουργίες:

- ❖ Αυτόματη ρύθμιση της ανάρτησης
- ❖ Ακύρωση της ενέργειας του μοχλού που ενεργοποιεί το φλας (μετά από στροφή)

#### **4.10 Αισθητήρας θέσης μοχλού ταχυτήτων**

Ο αισθητήρας θέσης μοχλού ταχυτήτων είναι ένας αισθητήρας, ο οποίος χρησιμεύει στην ηλεκτρονική μονάδα για την αναγνώριση της θέσης που έχει ο επιλογέας ταχυτήτων. Ο αισθητήρας είναι τοποθετημένος στην βάση του μοχλού και αποτελείται από δύο ποτενσιόμετρα, τα οποία είναι κάθετα μεταξύ τους. Το ένα ποτενσιόμετρο είναι συνδεδεμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να αλλάζει την αντίστασή του ανάλογα με την μπροστινή ή πίσω θέση του μοχλού ταχυτήτων. Το άλλο ποτενσιόμετρο είναι προορισμένο για να αλλάζει αντίσταση ανάλογα της αριστερής ή δεξιάς θέσης του μοχλού ταχυτήτων. Έτσι με αυτόν τον τρόπο, δηλαδή ανάλογα της επίδρασης που έχει στα ποτενσιόμετρα η θέση του μοχλού ταχυτήτων, η ηλεκτρονική μονάδα καταλαβαίνει την θέση του μοχλού.

#### **4.11 Αισθητήρας θέσης πεντάλ γκαζιού**

Ο αισθητήρας θέσης πεντάλ γκαζιού είναι ένας αισθητήρας που υπολογίζει μέσω ενός ποτενσιόμετρου, του οποίου η τάση εξόδου αυξάνεται με το άνοιγμα της πεταλούδας του γκαζιού, την θέση του πεντάλ γκαζιού.

#### **4.12 Αισθητήρας γωνίας συστήματος διεύθυνσης**

Ο αισθητήρας γωνίας του συστήματος διεύθυνσης ή αισθητήρας στροφής, είναι αισθητήρας του συστήματος ηλεκτροϋδραυλικής υποβοήθησης τετραδιεύθυνσης και είναι τοποθετημένος στο πίσω σύστημα διεύθυνσης.

Χρησιμοποιεί μία μεταβλητή αντίσταση, μέσω της οποίας υπάρχει μεταβολή της τάσης στον αισθητήρα. Αυτή η μεταβολή της τάσης πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα για την γωνία στροφής, για την κατεύθυνση του συστήματος διεύθυνσης, για την μέγιστη στροφή των πίσω τροχών και για την κατάσταση της λειτουργίας του ενεργοποιητή.

#### **4.13 Αισθητήρας θέσης πεντάλ φρένου**

Ο αισθητήρας θέσης πεντάλ φρένου είναι ένας αισθητήρας του συστήματος φρένου που υπολογίζει την θέση που έχει το πεντάλ φρένου. Ο αισθητήρας αποτελείται από δύο στοιχεία Hall και από ένα έμβολο με ένα μόνιμο μαγνήτη. Ο αισθητήρας λειτουργεί ως εξής: Όταν το πεντάλ φρένου είναι σε ηρεμία, δηλαδή όταν δεν είναι πατημένο, τότε το έμβολο με το μαγνήτη είναι στην θέση ηρεμίας.

Έτσι λοιπόν, η τάση είναι μηδενικής τιμής και γι' αυτό το λόγο η ECU καταλαβαίνει ότι το πεντάλ φρένου δεν είναι πατημένο. Όταν όμως πατηθεί το πεντάλ φρένου, τότε το έμβολο με τον μόνιμο μαγνήτη, μετακινούνται προς τα στοιχεία Hall και ως αποτέλεσμα υπάρχει μία μεταβολή της τάσης ανάλογα με το πόσο είναι πατημένο το πεντάλ του φρένου. Ο εγκέφαλος του συστήματος, αναγνωρίζει την θέση του πεντάλ φρένου, από το σήμα εξόδου που λαμβάνει από τον αισθητήρα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### Αισθητήρες και ασφάλεια

#### 5.1 Γενικά

Η ασφάλεια των επιβατών είναι μια από τις βασικότερες παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη κατά τη σχεδίαση και τη κατασκευή των σύγχρονων αυτοκινήτων. Τα συστήματα ασφαλείας που εφαρμόζονται στα αυτοκίνητα είναι δύο ειδών. Τα συστήματα ενεργητικής και τα συστήματα παθητικής ασφαλείας.

**Συστήματα ενεργητικής ασφαλείας** είναι αυτά που παρέχουν τη δυνατότητα στον οδηγό του αυτοκινήτου να κατευθύνει και να ελέγχει τη πορεία του στο δρόμο, αποφεύγοντας τις συγκρούσεις. Τέτοια συστήματα είναι το ABS (σύστημα αντιεμπλοκής των τροχών), BAS (σύστημα δυναμικής επιβράδυνσης) και ASR ή ESR (σύστημα αντιολίσθησης των τροχών).

**Συστήματα παθητικής ασφαλείας** είναι τα συστήματα του αυτοκινήτου που σε περίπτωση σύγκρουσης, προστατεύουν τον οδηγό και τους υπόλοιπους επιβάτες από τραυματισμούς. Τέτοια συστήματα στο αυτοκίνητο είναι: Οι ζώνες ασφαλείας, οι προεντατήρες των ζωνών ασφαλείας, τα βυθιζόμενα καθίσματα, οι αερόσακοι οδηγού και συνοδηγού και οι πλευρικοί αερόσακοι.

#### 5.2 Ενεργητική ασφάλεια

##### *Το σύστημα ABS*

Το Σύστημα Αντιμπλοκαρίσματος Τροχών ή ABS (Anti-lock Braking System), που εφαρμόστηκε αρχικά στην αεροπορική βιομηχανία, στοχεύει στην αποτροπή του μπλοκαρίσματος των τροχών στην περίπτωση που υπάρξει απότομο φρενάρισμα, έτσι ώστε αφενός ο οδηγός να έχει "τιμόνι" και να μπορεί να εκτελεί ελιγμούς για να αποφύγει το πιθανό εμπόδιο και αφ'

ετέρου να μειωθεί η απόσταση ακινητοποίησης. Ειδικοί αισθητήρες "διαβάζουν" την περιστροφική ταχύτητα του κάθε τροχού και όταν ανιχνευτεί το μπλοκάρισμα ενός από αυτούς, δίνεται εντολή από την κεντρική ηλεκτρονική μονάδα ECU, ώστε να ελαττωθεί μέσα σε εκατοστά του δευτερολέπτου η πίεση πέδησης (με τη βοήθεια ηλεκτροβαλβίδων), για να απελευθερώσει η δαγκάνα το δίσκο και να τον ξαναφρενάρι μετά (πλέον με ικανότητα πάνω 15 φορές το δευτερόλεπτο). Τα σύγχρονα ABS είναι τετρακάναλα και διαθέτουν αισθητήρα και ικανότητα σχετικού ελέγχου σε κάθε τροχό ξεχωριστά, ενώ είναι απαλλαγμένα από το χαρακτηριστικό τρέμουλο του πεντάλ φρένων των πρώτων γενεών.

### **Το σύστημα EBD**

Το EBD (Electronic Brake Distribution) συνδυάζεται με το ABS με σκοπό την κατανομή της πίεσης του συστήματος πέδησης ανάμεσα στους δύο άξονες. Για παράδειγμα, σε μια ευθεία το EBD αυξάνει την πίεση στους πίσω τροχούς, ώστε το αυτοκίνητο να επιβραδύνει πιο σύντομα. Στις στροφές η αναλογία πίεσης στον πίσω άξονα είναι φυσικά μικρότερη, ώστε να αποφευχθεί το φαινόμενο της υπεστράφης. Καθιερωμένο θεωρείται πλέον και το σύστημα που βοηθάει στο φρενάρισμα πανικού EBA (Emergency Brake Assist), ενώ η Alfa Romeo λανσάρισε πρόσφατα το prefil, ένα σύστημα που αν αντιληφθεί την απότομη διακοπή του γκαζιού, αυξάνει την πίεση στο κύκλωμα πέδησης, έτσι ώστε πατώντας ο οδηγός το μεσαίο πεντάλ, να έχει άμεση απόκριση και μικρότερες αποστάσεις φρεναρίσματος.

Αν το ABS ελέγχει το μπλοκάρισμα των τροχών, το αντιστίν κοντρολάρει το σπινάρισμα των κινητήριων τροχών. Ίδιοι αισθητήρες με αυτούς του ABS αντιλαμβάνονται την περιστροφική ταχύτητα του κάθε κινητήριου τροχού και όταν υπάρξει διαφορά περιστροφής, τότε δίνεται εντολή από την κεντρική υπολογιστική μονάδα, ώστε να φρεναριστεί ο τροχός που σπινάρει. Αν αυτό δεν είναι αρκετό, τότε η ηλεκτρονική μονάδα του κινητήρα επεμβαίνει και στον κινητήρα, μειώνοντας τις στροφές λειτουργίας του.

Ανάλογα με τον κατασκευαστή, το σύστημα περιορισμού ονομάζεται "TCS" (Traction Control System), "ASR" (Acceleration Slip Regulation), κ.ά.

#### *Το σύστημα ESP*

Το ESP (Electronic Stability Program) άρχισε να προσφέρεται σε μαζική παραγωγή από την Bosch το 1950 (τα πρώτα αυτοκίνητα ήταν τότε Mercedes S-Class και η BMW Σειρά 7), στοχεύει στη διατήρηση της δυναμικής ισορροπίας του οχήματος και χρησιμοποιεί τους ίδιους αισθητήρες με το ABS για τη μεταφορά των δεδομένων, σε ξεχωριστή ωστόσο μονάδα επεξεργασίας.

Βέβαια, για τη λειτουργία του ESP απαιτούνται και περισσότερα "αισθητήρια όργανα", όπως αυτό που αντιλαμβάνεται τη γωνία του τιμονιού ή τη θέση του γκαζιού, αλλά και αισθητήρες πλευρικής επιτάχυνσης και περιστροφής (yaw sensor), που "διαβάζουν" αντίστοιχα το μέγεθος της αποσταθεροποίησης και την απόκλιση του οχήματος από τον κάθετο άξονά του.

Όταν διαπιστωθεί διατάραξη της ισορροπίας του οχήματος από τον αισθητήρα περιστροφής, τότε η μονάδα ελέγχου δίνει εντολή στο σύστημα πέδησης να ενεργοποιηθεί ανεξάρτητα σε κάθε τροχό, μειώνοντας το φαινόμενο υποστροφής ή υπερστροφής. Αν αυτό δεν είναι αρκετό, τότε ο εγκέφαλος του κινητήρα μειώνει και τη ροπή.

Στα τελευταίας γενιάς συστήματα υπάρχει και αισθητήρας κλίσεων για αποτροπή των ανατροπών, ειδικά σε SUV οχήματα. Στα περασμένης γενιάς ESP η ταχύτητα επεξεργασίας των δεδομένων ήταν περιορισμένη, με αποτέλεσμα τα εν λόγω συστήματα να είναι αρκετά ευαίσθητα. Σήμερα όμως η ταχύτητά τους είναι εξαιρετικά μεγάλη, με αποτέλεσμα την ακριβέστερη και ταχύτερη επεξεργασία των δεδομένων, άρα και καλύτερη απόδοση του όλου συστήματος.

Αν και "ESP" είναι η συνηθισμένη ονομασία του, υπάρχουν εταιρείες που υιοθετούν άλλες ονομασίες, όπως "DSC" η BMW, "PSM" η Porsche, "VDC" η Alfa Romeo, κ.ά.

#### *Το σύστημα BAS*

Το (Brake Assist System) ή BA Σύστημα Δυναμικής Επιβράδυνσης

Το σύστημα δυναμικής επιβράδυνσης όταν βλέπει απότομη απόσυρση από το πεντάλ του γκαζιού και απότομο πάτημα του πεντάλ του φρένου θεωρεί ότι πρόκειται για φρενάρισμα πανικού και πέρα από το πόσο βαθιά πατάμε το πεντάλ του φρένου αυξάνει την ένταση του φρεναρίσματος. Έτσι αποφεύγεται η σύγκρουση του αυτοκινήτου στο πίσω μέρος ενός προπορευόμενου οχήματος.

#### *Ηλεκτρονικά ελεγχόμενο εμπρός διαφορικό (EDL)*

Ο ηλεκτρονικός έλεγχος του διαφορικού επιτρέπει την ομαλή μετάδοση της ροπής στους τροχούς και κατ' επέκταση στο οδόστρωμα. Αν κάποιος από τους κινητήριους τροχούς σπινάρει τότε το EDL (Electronic differential lock) αντιλαμβάνεται την όλη κατάσταση, μειώνει την ροπή στον τροχό που ολισθαίνει και την μεταβιβάζει στον σε αυτόν με την καλύτερη πρόσφυση.

#### *EBD: Ηλεκτρονικός Κατανεμητής της Δύναμης Πέδησης*

Προκειμένου να αυξηθεί η δύναμη του φρεναρίσματος, το σύστημα EBD ελέγχει ηλεκτρονικά την δύναμη πέδησης που κατανέμεται ανεξάρτητα στον εμπρός και πίσω άξονα, καθώς και στους αριστερούς και δεξιούς τροχούς.

Μειώνει την απόσταση φρεναρίσματος διατηρώντας την ευστάθεια του αυτοκινήτου ακόμα και σε συνθήκες έντονου φρεναρίσματος σε συνδυασμό με απότομο ελιγμό.

#### *Το σύστημα Brake assist*

Η πιο κοινή αιτία μιας οπίσθιας σύγκρουσης είναι να μην πατηθεί το πεντάλ του φρένου αρκετά δυνατά. Ως αποτέλεσμα, το όχημα δεν επιβραδύνεται με τη μέγιστη ισχύ πέδησης, η απόσταση φρεναρίσματος είναι μεγαλύτερη και ο κίνδυνος σύγκρουσης αυξάνεται.

Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα υποβοήθησης πέδησης «Brake Assist» βοηθά τον οδηγό με την αύξηση της δύναμης πέδησης. Έτσι, η απόσταση ακινητοποίησης του οχήματος μπορεί να μειωθεί σημαντικά.

Το σύστημα υπολογίζει πόσο γρήγορα πατάει ο οδηγός το πεντάλ του φρένου, την ταχύτητα του αυτοκινήτου και την πίεση στα φρένα. Το «Brake Assist» προσφέρει τη μέγιστη ισχύ πέδησης ανεξάρτητα από την πίεση που ασκεί ο οδηγός στο πεντάλ του φρένου. Το σύστημα υποβοήθησης πέδησης αυξάνει την πίεση στο σύστημα πέδησης υδραυλικά μέσω της μονάδας ABS / ESP.

#### *Το σύστημα TCS*

Το Traction Control System (Σύστημα Ελέγχου Πρόσφυσης) αποτελεί ένα σύστημα που είναι τοποθετημένο στα αυτοκίνητα και πιο συγκεκριμένα στο σύστημα ABS. Είναι ειδικά σχεδιασμένο για τη βελτιστοποίηση του χειρισμού και της ικανότητας ελιγμών του οχήματος στο δρόμο, ιδίως σε ολισθηρά οδοστρώματα. Στην αρχή χρησιμοποιούνταν σε πολύ γρήγορα πισωκίνητα αυτοκίνητα για να περιοριστεί το σπινάρισμα και κατά συνέπεια το γλίστρημα των πίσω τροχών κατά το ξεκίνημα κυρίως.

Τα τελευταία χρόνια τοποθετείται σε μίνιβαν, μικρά φορτηγά και σε αυτοκίνητα καθημερινής χρήσης. Το σύστημα κάνει χρήση των αισθητήρων ταχύτητας τροχού για τον εντοπισμό σπιναρίσματος ή ολίσθησης. Για την επαναφορά της πρόσφυσης του οχήματος στον δρόμο, ελαττώνει την ταχύτητα περιστροφής του τροχού που ολισθαίνει, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.01.

Η πέδηση αρχίζει όταν ένας ή πιο πολλοί από τους τροχούς κινείται με άλλη ταχύτητα από ό,τι οι υπόλοιποι. Η μονάδα ελέγχου του ABS/TCS αποστέλλει ένα σήμα στις βαλβίδες ελέγχου για την αύξηση της πίεσης στο αντίστοιχο κύκλωμα πέδησης. Έτσι, ενεργοποιείται η δαγκάνα φρένων επιφέροντας την επιβράδυνση του τροχού.

Κατά την οδήγηση σε υψηλή ταχύτητα, το σύστημα αυτό ενεργοποιεί το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού. Έτσι, περιορίζεται προσωρινά η ροπή του κινητήρα και αποκαθιστάται η πρόσφυση του τροχού που ολισθαίνει στον δρόμο.

Η ενεργοποίηση του TCS γίνεται αυτόματα όταν παίρνει μπροστά ο κινητήρας. Αν χρειάζεται, μπορεί να γίνει απενεργοποίησή του με το πάτημα ενός κουμπιού στην κεντρική κονσόλα. Εφόσον συμβεί αυτό, μια σχετική ένδειξη θα ανάψει στον πίνακα οργάνων, η οποία θα δηλώνει την απενεργοποίηση του συστήματος.



Εικόνα 5.01: Απενεργοποίηση και ενεργοποίηση του TCS

#### *Σύστημα ανίχνευσης θέσης προπορευόμενων οχημάτων*

Είναι γνωστό από πολλούς κατασκευαστές αυτοκινήτου το σύστημα αυτόματης πέδησης για έγκαιρη προειδοποίηση και αποφυγή σύγκρουσης με προπορευόμενα οχήματα που κινούνται πιο αργά.



Ένα Lock ανιχνεύει τη θέση των προπορευόμενων οχημάτων και προειδοποιεί ηχητικά τον οδηγό για επικείμενη σύγκρουση.

Εφόσον ο οδηγός δεν αντιδρά και δεν ελαττώνει την ταχύτητα ούτε φρενάρει, το σύστημα αναλαμβάνει να ενεργοποιήσει το φρένο ώστε οι επιπτώσεις της επαφής να είναι οι μικρότερες δυνατόν.

#### *Το σύστημα cruise control*

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, η οδήγηση γίνεται ολοένα και ευκολότερη υπόθεση για τους οδηγούς και συστήματα όπως είναι το cruise control μας πηγαίνουν ένα βήμα πιο κοντά στην αυτόνομη οδήγηση. Η ιστορία του cruise control ξεκινά από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα, ενώ στις αρχές της δεκαετίας του 2000, οι μεγαλύτερες αυτοκινητοβιομηχανίες προχώρησαν στην προσθήκη της συγκεκριμένης τεχνολογίας στα οχήματα τους. Πλέον, το cruise control έχει εξελιχθεί σε ένα σύστημα υψηλής τεχνολογίας και είναι ιδιαίτερα αγαπητό από πολλούς οδηγούς.

Το cruise control είναι μια τεχνολογία που συμβάλει στη μείωση της κούρασης που αισθάνονται οι οδηγοί, κατά την οδήγηση σε μεγάλη απόσταση. Το συγκεκριμένο σύστημα είναι υπεύθυνο για τη διατήρηση μιας συγκεκριμένης ταχύτητας, με αυτοματοποιημένο τρόπο, ώστε να παρέχει στον οδηγό ένα άνετο και ξεκούραστο ταξίδι.

Η ενεργοποίηση του συστήματος είναι πολύ εύκολη. Με τη χρήση ειδικών χειριστηρίων που συνήθως τοποθετούνται στο τιμόνι, ο οδηγός μπορεί να ρυθμίσει την ταχύτητα όπως φαίνεται στην εικόνα 5.02, με την οποία επιθυμεί να κινηθεί και κατόπιν, να ενεργοποιήσει τον έλεγχο της από το σύστημα, ώστε να διατηρηθεί σταθερή για το ταξίδι.



Εικόνα 5.02: Ενεργοποίηση cruise control σε σταθερή ταχύτητα.

Όπως η ενεργοποίηση, έτσι και η απενεργοποίηση του cruise control είναι εξαιρετικά απλή, αφού αρκεί ο οδηγός να πατήσει ελαφρώς το πεντάλ του φρένου ή τον συμπλέκτη για να σταματήσει τη λειτουργία του. Αυτό φυσικά, γίνεται για λόγους ασφαλείας, καθώς το σύστημα αναγνωρίζει πως υπάρχει κάποια επείγουσα κατάσταση, εάν πατηθεί το φρένο ή ο συμπλέκτης. Ωστόσο, το ίδιο δεν συμβαίνει με το γκάζι, καθώς όταν σταματήσει η επιτάχυνση, το σύστημα εφαρμόζει ξανά την προγραμματισμένη ταχύτητα.

Μπορεί το συγκεκριμένο σύστημα να παρουσιάζει πολυάριθμα πλεονεκτήματα, ωστόσο, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι βρίσκεται στην κατηγορία της ημιαυτόνομης οδήγησης. Ο οδηγός θα πρέπει να είναι σε θέση να αναλάβει τον πλήρη έλεγχο του οχήματος, ανά πάσα στιγμή.

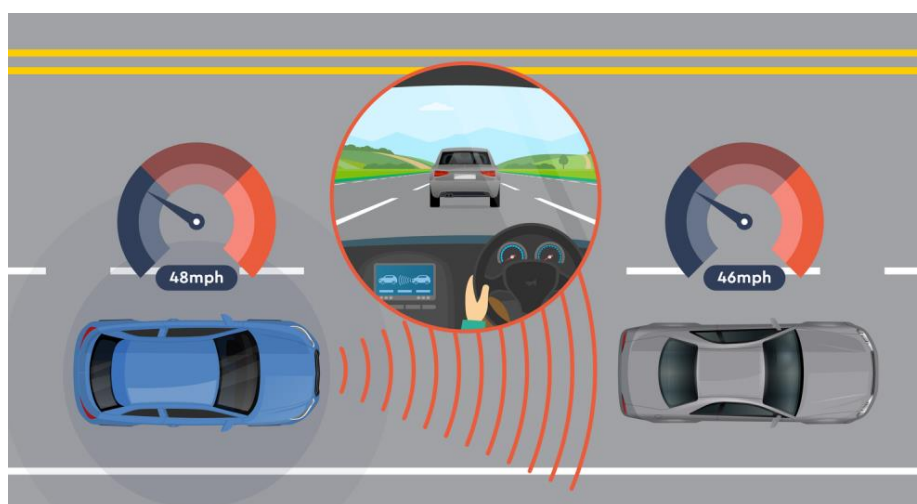
### *Το σύστημα adaptive cruise control*

Το adaptive cruise control είναι ένα σύστημα σαν το cruise control με κάποιες επιπλέον λειτουργίες. Πιο συγκεκριμένα το cruise control μας παρέχει τη δυνατότητα ρύθμισης της ταχύτητας από τον οδηγό κατά την πορεία του οχήματος στο δρόμο χωρίς να απαιτείται το πάτημα του γκαζιού.

Απαριθμώντας τα προσφερόμενα για εμάς από το σύστημα αυτό είναι τα εξής:

- Ελέγχει μπροστά και για τυχόν άλλα προπορευόμενα αυτοκίνητα και όταν τα πλησιάζει, τότε χαμηλώνει ταχύτητα, κρατώντας έτσι μία απόσταση ασφαλείας.
- Κρατάει το όχημα μέσα στην λωρίδα την οποία κινείται.
- Όταν έχει συναντήσει προπορευόμενο όχημα και έχει μειώσει ταχύτητα, όταν αλλάξουμε λωρίδα για να το προσπεράσουμε, τότε γκαζώνει ώστε να επανέλθει στην ταχύτητα που του είχε οριστεί.

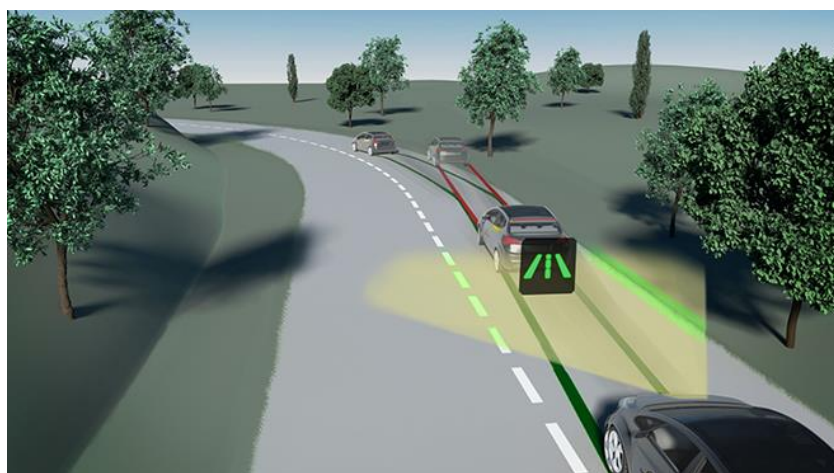
Στην ουσία το adaptive cruise control μας προστατεύει αυτόματα στο να μην πλησιάζουμε πολύ κοντά σε άλλα κινούμενα οχήματα και κινδυνεύσουμε να πέσουμε πάνω τους. Είναι κατάλληλο και αρκετά εύχρηστο για ταξίδια, ενώ δεν ενδείκνυται ιδιαίτερα για μέσα στην πολύ. Στην εικόνα 5.03 φαίνεται αρκετά αναλυτικά το τι προσφέρει κατά την οδήγηση σε ένα όχημα και τον οδηγό του.



Εικόνα 5.03: Τι προσφέρει το adaptive cruise control.

### *Το σύστημα lane Assist*

Το σύστημα διατήρησης λωρίδας είναι και αυτό ένα σύστημα που συμβάλει στην ασφάλεια του οδηγού και του οχήματος του. Αποτελεί τον «φύλακα άγγελο» του αυτοκινήτου εφόσον το παρακολουθεί συνεχώς κατά την κίνηση του εντός της λωρίδας κυκλοφορίας του. Έρευνες αναφέρουν ότι περισσότερο από το 14% των ατυχημάτων που εμπεριέχουν και τραυματισμό προκαλούνται εξαιτίας της ακούσιας φυγής του αυτοκινήτου από τη λωρίδα κυκλοφορίας. Για αυτόν ακριβώς το λόγο, υπάρχουν μία σειρά από συστήματα ασφαλείας που αποτρέπουν ή προειδοποιούν το όχημα σε περίπτωση ακούσιας αλλαγής πορείας, εικόνα 5.04.

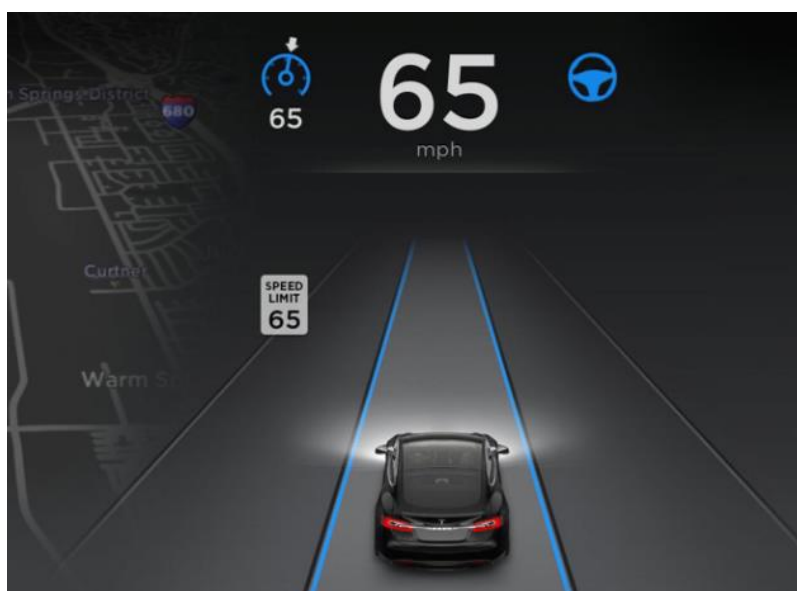


Εικόνα 5.04: Προειδοποίηση του οχήματος για κίνδυνο εκτός λωρίδας κυκλοφορίας του.



Εικόνα 5.05: Σύστημα διαρκείας παρακολούθησης εντός της λωρίδας κυκλοφορίας.

Ένα από αυτά είναι το **Lane Assist**, εικόνα 5.05, το οποίο παρακολουθεί διαρκώς την πορεία του αυτοκινήτου και σε περίπτωση που αναγνωρίσει ότι ξεφεύγει από τη λωρίδα κυκλοφορίας χωρίς τη θέληση του οδηγού διορθώνει το τιμόνι. Αν ο οδηγός θέλει να παρακάμψει αυτή τη διόρθωση, αρκεί να ασκήσει μεγαλύτερη δύναμη στο σύστημα διεύθυνσης. Υπάρχουν συστήματα, το οποίο δεν επεμβαίνουν αλλά λειτουργούν προειδοποιητικά, όπως το **Lane Departure Warning**. Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα χρησιμοποιεί ψηφιακή κάμερα, η οποία ανιχνεύει τη διαγράμμιση των λωρίδων κυκλοφορίας και αν αλλάξει η τροχιά χωρίς τη χρησιμοποίηση του φλας, προειδοποιεί με ένα ηχητικό σήμα.



Εικόνα 5.06: Παρακολούθηση οχήματος σύμφωνα με την σήμανση

Ακόμα πιο εξελιγμένα είναι συστήματα όπως το **Lane Keeping Alert**, το οποίο παρακολουθεί συνεχώς τη θέση του οχήματος σε σχέση με τις σημάσεις του δρόμου. Αν το όχημα ξεφύγει προς την άκρη της λωρίδας και το σύστημα δεν ανιχνεύσει εμφανή ελιγμό αλλαγής λωρίδας ή χρήση των φλας, ενεργοποιείται προειδοποιητικός κραδασμός στο τιμόνι. Ταυτόχρονα εμφανίζεται ένα εικονίδιο στο ταμπλό, όπως στην εικόνα 5.06. Το σύστημα

απενεργοποιείται σε ταχύτητες κάτω των 60 km/h επομένως δεν παρεμβαίνει σε αστικές συνθήκες.

#### *Το σύστημα CoD*

Το CoD (Cylinder on Demand) είναι ένα επαναστατικό σύστημα που απενεργοποιεί τους δυο από τους τέσσερις κυλίνδρους από τις 1400 rpm έως τις 4000 rpm και με ροπή εξόδου μεταξύ 2.55 kg.m και 10.2 kg.m που καλύπτει το 70% όλων των οδηγικών καταστάσεων στον ευρωπαϊκό κύκλο οδήγησης, σύμφωνα με τα στοιχεία της Audi. Πρόκειται για μια πολύ έξυπνη ιδέα που σκοπό έχει τη μείωση της κατανάλωσης και των ρύπων. Στην πραγματικότητα η αλλαγή στη δικύλινδρη λειτουργία είναι τόσο ομαλή που δεν γίνεται κατανοητό από τους επιβάτες.

### **5.3 Παθητική ασφάλεια**

#### *Ζώνη Ασφαλείας*

Είναι υποχρεωτικό σε όλη την Ευρώπη να υπάρχουν ζώνες ασφαλείας για όλες τις θέσεις στα αυτοκίνητα. Σήμερα οι ζώνες είναι αυτόματες ("κλειδώνουν" με τη βοήθεια της αδράνειας), ρυθμιζόμενες σε ύψος και διαθέτουν προεντατήρες, που με πυροκροτικό μηχανισμό τεντώνουν πριν λειτουργήσουν με το βάρος του σώματος, εξασφαλίζοντας χιλιοστά του δευτερολέπτου που μπορεί να φανούν κρίσιμα.

Στη Βόρεια Αμερική, από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 τοποθετήθηκε σε όλα τα αυτοκίνητα ένα σύστημα υπενθύμισης χρήσης της ζώνης ασφαλείας για τους επιβάτες που κάθονται μπροστά. Σήμερα είναι σχεδόν καθολικό. Οι ζώνες ασφαλείας ελαττώνουν σημαντικά τον κίνδυνο θανάτου ή σοβαρού τραυματισμού. Επίσης, πρέπει να τονιστεί η αναγκαιότητα χρήσης τους και στα πίσω καθίσματα. Ιδιαίτερα μάλιστα για τις μετωπικές προσκρούσεις, οι μελέτες δείχνουν ότι αν οι πίσω επιβάτες δε

φορούν ζώνη, τότε εκτοξεύονται μπροστά, συνθλίβοντας τους μπροστινούς και σχεδόν πενταπλασιάζουν τον κίνδυνο θανάτου για τους μπροστινούς που τις φορούν.

#### *Αερόσακοι*

Ο αερόσακος είναι γνωστός και ως συμπληρωματικό προς τη ζώνη ασφαλείας σύστημα συγκράτησης (supplementary restraint system, SRS). Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει ένα σάκο σχεδιασμένο κατάλληλα, έτσι ώστε κατά τη διάρκεια μιας πρόσκρουσης να φουσκώνει και να προφυλάσσει τον/τους επιβάτες στους οποίους απευθύνεται από βίαια χτυπήματα στις εσωτερικές επιφάνειες του αυτοκινήτου. Η εντολή για την ενεργοποίηση δίνεται από μια κεντρική μονάδα, που παίρνει στοιχεία από αισθητήρες αρνητικών g και ενεργοποιεί έναν πυροκροτητή, που δημιουργεί μια μίνι έκρηξη σε ειδικό υλικό με βάση τη νιτρική αμμωνία, τα αέρια του οποίου (άζωτο ή αργό) φουσκώνουν τον αερόσακο. Μετά από χιλιοστά του δευτερολέπτου, ο αερόσακος ξεφουσκώνει για προστασία από την υπερβολική αύξηση της πίεσης στο εσωτερικό του αυτοκινήτου (κυρίως όταν τα παράθυρα είναι κλειστά).

Αερόσακοι άρχισαν να χρησιμοποιούνται επίσημα στην Αμερική το 1974 από τη Chevrolet, αλλά το μειωμένο ενδιαφέρον έφερε το 1976 τη διακοπή της παραγωγής τους. Το 1980 η Mercedes τους έφερε ξανά στο προσκήνιο με την S-Class W126. Από το 1986 άρχισε να προσφέρεται και αερόσακος συνοδηγού. Το 1987 η Porsche 94 Turbo έγινε το πρώτο αυτοκίνητο παραγωγής με δύο στάνταρ αερόσακους. Σήμερα, εκτός από τους μετωπικούς, υπάρχουν πλευρικοί, για προστασία από τις αντίστοιχες συγκρούσεις, αεροκουρτίνες, κολόνες, αλλά και γονάτων οδηγού.

Η Toyota πρόσφατα παρουσίασε και αερόσακους για τη ζώνη ασφαλείας των πίσω επιβατών, όπως και για ανάμεσα στο πίσω κάθισμα.



Εικόνα 5.07: Αισθητήρας για αερόσακο [10].

Σήμερα οι πιο εξελιγμένοι μετωπικοί αερόσακοι λειτουργούν με βάση και το βάρος των επιβατών και έχουν πολλαπλά στάδια ανοίγματος για αποτελεσματικότερη προστασία. Ο αερόσακος φουσκώνει μέσα σε 40 χιλιοστά του δευτερολέπτου και η ταχύτητα ανοίγματος συνήθως είναι 240 - 320 km/h. Εδώ πρέπει να τονιστεί, ότι ο αερόσακος ενεργοποιείται υπό συγκεκριμένες συνθήκες και ταχύτητες άνω των 16 - 19 km/h.

#### *Ενεργά προσκέφαλα*

Στις μέρες μας έχει επεκταθεί η χρήση των ενεργών προσκέφαλων. Σε περίπτωση σύγκρουσης στο πίσω μέρος, τα προσκέφαλα αυτά μετακινούνται προς τα εμπρός μέσα σε 20 χιλιοστά του δευτερολέπτου, συγκρατώντας μαλακά το κεφάλι, όταν κινηθεί πάλι προς τα πίσω. Αποσπώμενα πεντάλ, κολόνα τιμονιού που υποχωρεί, είναι μερικά πιο απλά συστήματα παθητικής ασφάλειας, για να πάμε και σε πιο σοφιστικέ, όπως οι αυτόματα εκτιναζόμενες μπάρες/προσκέφαλα για τους πίσω επιβάτες ανοιχτών τετραθέσιων αυτοκινήτων, σε περίπτωση ανατροπής.



#### *Σύστημα υποχώρησης των πεντάλ*

Με το σύστημα αυτό, σε περίπτωση ατυχήματος, τα πεντάλ υποχωρούν αυτόματα περιορίζοντας σημαντικά τον κίνδυνο σοβαρού τραυματισμού του οδηγού στα πόδια και τους αστραγάλους.

#### **5.4 Νέες τεχνολογίες**

Τα δεδομένα στην ασφάλεια των αυτοκινήτων αλλάζουν καθημερινά, κυρίως λόγω της εξέλιξης των ηλεκτρονικών. Οι εξελίξεις στην παθητική ασφάλεια στοχεύουν κυρίως στην προστασία των πεζών σε περίπτωση ατυχήματος με αυτοκίνητο, ενώ σχετικά με την ενεργητική ασφάλεια, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέλιξη της επικοινωνίας μεταξύ των οχημάτων, αλλά και οι τεχνολογίες που επιτρέπουν στο αυτοκίνητο να επιβραδύνει δραστικά, αν γίνει αντιληπτός ο κίνδυνος ατυχήματος. Μερικά ακόμη παραδείγματα παρουσιάζονται στη συνέχεια.

#### *Ενεργό καπό*

Πρωτοεμφανίστηκε στην Jaguar XK και πλέον σε αρκετά μοντέλα, όπως η Mercedes E- Class, BMW σειρά 5, Citroen C6, κ.ά. Το ενεργό καπό λοιπόν ανασηκώνεται αυτόματα και ταχύτατα μερικά εκατοστά κατά τη σύγκρουση με πεζό και μετά υποχωρεί στην αρχική του θέση. Με αυτό τον τρόπο εκτιμάται ότι μειώνονται οι πιθανότητες θανάσιμου τραυματισμού ενός πεζού.

#### *Έξυπνος αερόσακος συνοδηγού*

Με τη βοήθεια αισθητήρων, η λειτουργία αυτή παρακολουθεί, με πομπό, εάν ένα παιδικό κάθισμα με πομπό έχει τοποθετηθεί στο κάθισμα του συνοδηγού. Αν το κάθισμα του συνοδηγού είναι άδειο ή υπάρχει παιδικό κάθισμα με πομπό, ο αερόσακος θα απενεργοποιηθεί.

#### *Σύστημα ανίχνευσης απώλειας πίεσης (Deflation detection system, DDS)*

Με τη βοήθεια σημάτων από τους αισθητήρες ταχύτητας των τροχών, μια προειδοποιητική λυχνία ενημερώνει τον οδηγό εάν η περιφέρεια κύλισης του ελαστικού έχει μειωθεί και η ταχύτητα περιστροφής του αυξάνεται σε σχέση με τους άλλους τροχούς λόγω απώλειας πίεσης. Το προειδοποιητικό σήμα ενεργοποιείται όταν η απώλεια πίεσης φτάσει περίπου το 30%. Επειδή το DDS δεν απαιτεί πρόσθετους αισθητήρες τροχών, είναι συμπληρωματικό του συστήματος ελέγχου πίεσης ελαστικών (TPMS).

#### *Active City Stop*

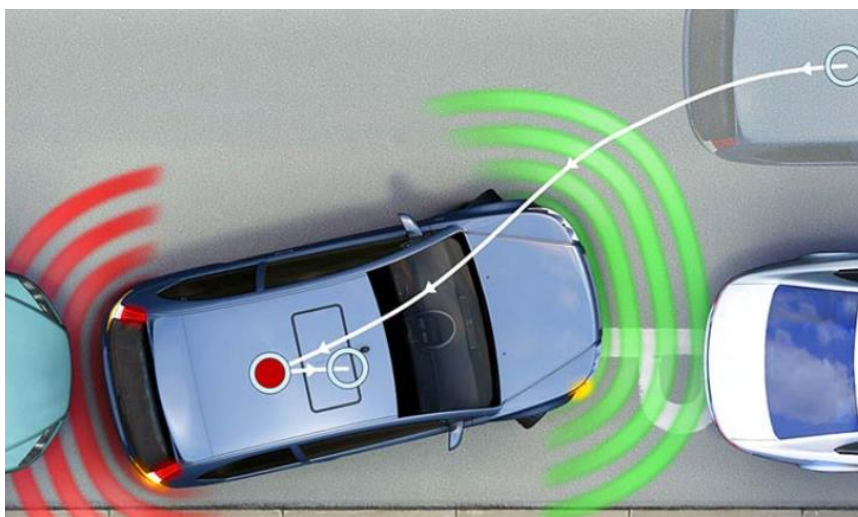
Το πρωτοποριακό σύστημα Active City Stop είναι ένα σύστημα ενεργητικής ασφάλειας που λάνσαρε πρώτη η Ford. Το Active City Stop είναι σχεδιασμένο να βοηθάει τους οδηγούς να αποφεύγουν τις μικροσυγκρούσεις που δημιουργούνται συνήθως στα αστικά κέντρα, όταν κάποιο προπορευόμενο όχημα σταματάει απότομα ή κινείται με πολύ χαμηλή ταχύτητα. Πιο συγκεκριμένα το σύστημα είναι ενεργό για ταχύτητες έως και 30 Km/h και λειτουργεί ως εξής: εάν το σύστημα ανιχνεύσει απότομη στάση του προπορευόμενου αυτοκινήτου, τότε αυτόματα φρενάρει για να αποφευχθεί η σύγκρουση. Όπως αυτό φαίνεται στην εικόνα 5.08.



Εικόνα 5.08: Το Active City Stop [1].

### *Το σύστημα Parktronic*

Με την συνεχόμενη αύξηση του αριθμού των οχημάτων ειδικότερα εντός των πόλεων δυσχεραίνει όλο και περισσότερο τους οδηγούς για χώρο παρκαρίσματος και τις φορές εκείνες που βρίσκεται ο χώρος το παρκάρισμα παραμένει δύσκολο διότι οι αποστάσεις είναι οριακές και τα αυτοκίνητα εμφανώς πλέον πιο ογκώδης. Το Parktronic είναι η συσκευή υπέρηχων που δίνει τη λύση στο πρόβλημα αυτό. Οι αισθητήρες που σχηματίζουν τη βάση εκπέμπουν υπέρηχους, που καθορίζουν την ακριβή απόσταση από το εμπόδιο, όπως στην εικόνα 5.09. Πλέον υπάρχουν και προχωρημένες εκδόσεις οι οποίες απεικονίζουν σε οθόνη μια εικόνα με ακριβή απόσταση σε οποιοδήποτε αντικείμενο.



Εικόνα 5.09: Αισθητήρας Parktronic

Περισσότερο τοποθετούνται στον πίσω προφυλακτήρα (συνήθως τέσσερις) και μέσω καλωδίωσης είναι συνδεδεμένοι με το υπόλοιπο σύστημα και φυσικά με την οθόνη του οδηγού, εικόνα 5.10. Λειτουργούν μόνο κατά τη στιγμή που ο οδηγός επιλέξει την όπισθεν και για όσο παραμένει αυτό στον επιλογή ταχυτήτων. Λιγότερες φορές το συναντάμε και τοποθετημένο στον εμπρόσθιο προφυλακτήρα για βοήθεια εμπρός του οχήματος κατά το παρκάρισμα.

Η χρησιμότητα του στον πίσω προφυλακτήρα κατά την όπισθεν είναι πολλή σημαντική διότι κατά το παρκάρισμα πολλές φορές μπορεί να υπάρχουν πεζοί με κίνδυνο τραυματισμό του, όπως στην εικόνα 5.11. Σημαντικό είναι να θυμόμαστε πάντοτε ότι, ακόμα και ένα ακριβό σύστημα δεν θα μπορέσει να εμφανίσει τις σωστές τιμές στις ακόλουθες περιπτώσεις.



Εικόνα 5.10: Σύστημα, αισθητήρες και οθόνη Parktronic

- Εάν οι αισθητήρες είναι βρώμικοί ή παγωμένοι.
- Με μεγάλη βροχόπτωση
- Όταν το εμπόδιο αποτελείται από υλικό απορρόφησης των υπερηχητικών κυμάτων ή όταν ανακλάται από αυτό.



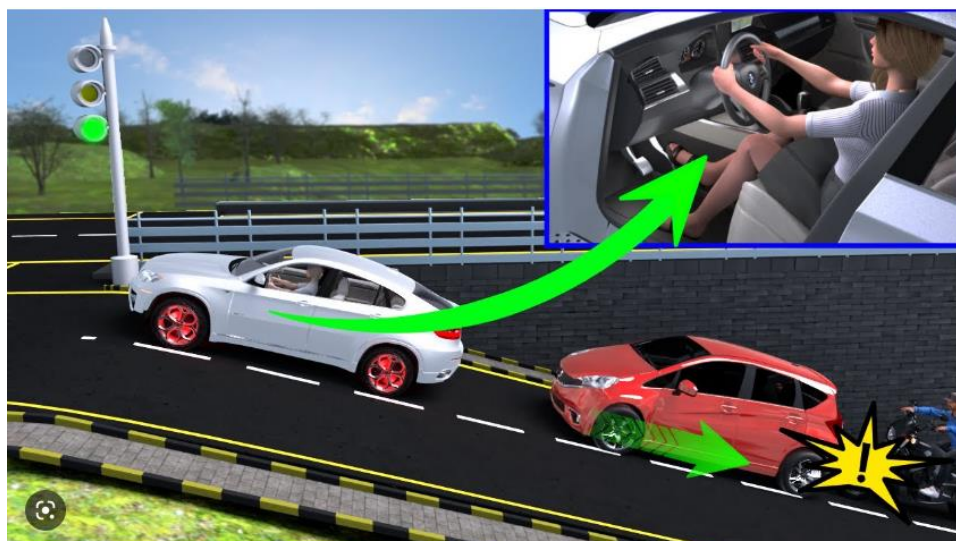
Εικόνα 5.11: Αποφυγή ατυχήματος χάριν του Parktronic

#### *Το σύστημα Hill Start Assist*

Το Hill Start Assist ή Σύστημα Υποβοήθηση Εκκίνησης στην Ανηφόρα αποτελεί μια τεχνολογία που συναντάμε συχνά στα καινούργια μοντέλα

οχημάτων, που φέρουν συστήματα ADAS. Όπως υποδηλώνει και το όνομά του, το συγκεκριμένο σύστημα παρέχει έναν επιπλέον έλεγχο κατά την εκκίνηση σε ανηφόρες, βελτιώνοντας την ενεργητική ασφάλειά σας.

Η βασική λειτουργία του συστήματος είναι να διευκολύνει την εκκίνηση του οχήματος σε δρόμο με κλίση. Όταν βρίσκεστε σε δρόμο με κλίση, αφού αφήσουμε το φρένο, το Hill Start Assist ενεργοποιείται και ακινητοποιεί το όχημά για μερικά δευτερόλεπτα, προσφέροντάς περισσότερο χρόνο για να μετακίνηση του ποδιού σας στο γκάζι. Με αυτό τον τρόπο, είναι πιο εύκολη η «συγκράτηση» του οχήμα, χωρίς το άγχος μήπως κυλίσει προς τα πίσω, προκαλώντας κάποιο ενδεχόμενο ατύχημα, όπως στην εικόνα 5.12. Το σύστημα ενεργοποιείται αυτόματα και δεν απαιτείται από τον οδηγό να χρησιμοποιήσει το χειρόφρενο κατά την εκκίνηση. Τα φρένα απελευθερώνονται πλήρως αφού ο κινητήρας του οχήματός αναπτύξει μεγάλη ροπή, για να διασφαλιστεί ότι το όχημά δεν θα κυλήσει στην κατηφόρα.



Εικόνα 512: Σύστημα υποβοήθησης στο δρόμο με κλίση.

Τα συστήματα ADAS εμφανίζονται ολοένα και περισσότερο στα νέα μοντέλα οχημάτων που με τις λειτουργίες τους κάνουν την οδήγηση πιο εύκολη και ασφαλέστερη. Το Hill Start Assist υποβοηθά τους οδηγούς στην

οδήγηση σε δρόμο με κλίση, αυτό όμως δεν σημαίνει ότι αντικαθιστά εντελώς το χειρόφρενο. Αξίζει να αναφέρουμε πως η συγκεκριμένη λειτουργία δεν αυξάνει την πρόσφυση του οχήματος στο έδαφος, αλλά εμποδίζει το όχημα να μετακινηθεί προς τα πίσω. Πριν βγει ο οδηγός από το αυτοκίνητό είναι απαραίτητο να τραβάει το χειρόφρενο, για την ασφαλή ακινητοποίησή του οχήματος του. Επίσης, κάθε φορά που ενεργοποιείται η συγκεκριμένη λειτουργία, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή. Το Hill Start Assist απενεργοποιείται αυτόματα όταν αυξηθούν οι στροφές του κινητήρα και φυσικά, υπάρχει το ενδεχόμενο να απενεργοποιηθεί εξαιτίας κάποιας δυσλειτουργίας. Επομένως δεν πρέπει ποτέ ο οδηγός να ξεχνά και να είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο του οχήματός του και θα πρέπει να πάντοτε έτοιμος να δράσει άμεσα, όταν αυτό χρειαστεί.

Τα νέα οχήματα που κυκλοφορούν στους δρόμους της χώρας μας φέρουν πολλές καινοτόμες λειτουργίες που υποβοηθούν τους οδηγούς. Οι περισσότερες λειτουργίες των συστημάτων ADAS βασίζονται σε αισθητήρες που υπάρχουν στο όχημα αλλά και στην κάμερα ADAS που βρίσκεται στο εμπρόσθιο παρμπρίζ. Σε περίπτωση θραύσης του εμπρόσθιου παρμπρίζ, κατά την αντικατάσταση του θα πρέπει να γίνεται η παραμετροποίηση της κάμερας και να επανέρχεται στις προηγούμενες ρυθμίσεις της.

Τα συστήματα ADAS είναι τεχνολογίες που πρόκειται να συνεχίσουν να εξοπλίζουν τα νέα οχήματα, με τους κατασκευαστές οχημάτων να αναζητούν συνεχώς νέες εφαρμογές που θα κάνουν την οδήγηση ακόμη πιο εύκολη.

#### *Το σύστημα Start/Stop*

Όπως όλοι γνωρίζουμε το σύστημα start/stop είναι ένα σύστημα στα σύγχρονα αυτοκίνητα το οποίο σβήνει τον κινητήρα όταν το αυτοκίνητο είναι σταματημένο με σκοπό την εξοικονόμηση καυσίμου και την ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών ρύπων στο περιβάλλον. Ο κινητήρας παίρνει ξανά

μπροστά όταν ο οδηγός πατήσει το συμπλέκτη ή αφήσει το φρένο, ή όταν ο οδηγός είναι έτοιμος να ξανά ξεκινήσει.

Το σύστημα χρησιμοποιεί μια ηλεκτρική μονάδα για να αντιλαμβάνεται τότε το αυτοκίνητο είναι σταματημένο ή χωρίς ταχύτητα στο κιβώτιο ταχυτήτων. Έτσι σταματά την παροχή καυσίμου και διακόπτει την ανάφλεξη στον κινητήρα. Η διαδικασία γίνεται αυτόματα, αλλά ο οδηγός μπορεί να επιλέξει να απενεργοποιήσει το σύστημα πατώντας το κουμπί με την σχετική ένδειξη όπως φαίνεται στην εικόνα 5.13.



Εικόνα 5.13: Απενεργοποίηση start/stop.

Το σύστημα Start/Stop ουσιαστικά επιτρέπει την διακεκομμένη λειτουργία του κινητήρα σε πολλαπλούς κύκλους σε μια διαδρομή. Η βασική του επιδίωξη είναι, κάθε φορά που το αυτοκίνητο ακινητοποιείται να απενεργοποιείται ο κινητήρας. Αυτό ακούγεται απλό, αλλά δεν είναι και τόσο απλό στην πράξη. Για να είναι εφικτή αυτή η λειτουργία, απαιτείται άλλου είδους μπαταρία, ενισχυμένη μίζα, δυναμό, μεταλλουργία κινητήρα που να μπορεί να ανταπεξέλθει σε συνεχόμενους κύκλους ενεργοποίησης-απενεργοποίησης, αισθητήρες, εγκέφαλοι κ.α. Το σύστημα για να δουλέψει, πέρα από το hardware, έχει και κάποιες προϋποθέσεις. Μερικές εξ' αυτών είναι το επίπεδο φόρτισης της μπαταρίας, η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου, η θέση του επιλογέα των ταχυτήτων, η πίεση στο πετάλι του φρένου, η τρέχουσα ηλεκτρική κατανάλωση του οχήματος, οι στροφές του κινητήρα, αν το αυτοκίνητο πραγματοποιεί αναγέννηση του φίλτρου σωματιδίων κ.α. Επειδή ακριβώς οι προϋποθέσεις του συστήματος είναι πάρα πολλές, κάποιες φορές ακόμα και αν είναι

ακινητοποιημένο το όχημα σε φωτεινό σηματοδότη, ο κινητήρας δεν απενεργοποιείται. Μερικοί από αυτούς τους λόγους που συμβαίνει αυτό αναφέρθηκαν παραπάνω, ωστόσο ο οδηγός δεν είναι σε θέση κάθε φορά να γνωρίζει για ποιον λόγο δεν ενεργοποιήθηκε την δεδομένη στιγμή το σύστημα Start-Stop.

#### *Διαφορές μεταξύ με και χωρίς Start-Stop*

Δεν υπάρχει καμιά αμφιβολία ότι ένα αυτοκίνητο χωρίς Start-Stop είναι πιο απλό μηχανολογικά. Ένα όχημα με Start-Stop χρειάζεται άλλου τύπου μπαταρία, μίζα και εναλλάκτη, αλλά και επιπλέον αισθητήρες, καλωδιώσεις, εγκεφάλους και επικοινωνίες μεταξύ τους. Σε αυτοκίνητα με χειροκίνητο κιβώτιο απαιτείται επιπλέον αισθητήρας νεκράς θέσης κιβωτίου ταχυτήτων, αφού η νεκρά είναι προϋπόθεση του συστήματος. Κουμάντο στο σύστημα Start-Stop κάνει ο εγκέφαλος κινητήρα, αλλά πριν αποφασίσει θέλει βοήθεια από τους συμβούλους του. Σύμβουλοί του είναι ο εγκέφαλος επιτήρησης μπαταρίας που βρίσκεται στον αρνητικό πόλο, ο εγκέφαλος κλιματισμού, ο εγκέφαλος τροφοδοσίας οχήματος, ο εγκέφαλος του αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων αν υπάρχει, ο εγκέφαλος ABS κ.α.

Αν όλοι λοιπόν αυτοί οι σύμβουλοι του δώσουν ομόφωνα το ΟΚ, ο κινητήρας απενεργοποιείται. Επιπλέον, απαιτείται διαχειριστής τάσης, ο οποίος διατηρεί την τάση μόνιμα στα 12V ώστε να μην επηρεάζονται οι υπόλοιποι ηλεκτρικοί καταναλωτές του οχήματος από την λειτουργία του συστήματος Start-Stop. Όλη αυτή η πολυπλοκότητα ασφαλώς έχει κόστος για τον κατασκευαστή που αναπόφευκτα μετακυλιέται στον καταναλωτή, αν και η ωρίμανση των συστημάτων, καθώς και η διάχυσή τους στα οχήματα πλέον είναι τέτοια, που το κόστος που τελικά καλείται να πληρώσει ο πελάτης δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικό.

Τέλος στην ερώτηση αν το start/stop βοηθάει στην εξοικονόμηση καύσιμου, η απάντηση είναι πως ναι. Όταν το αυτοκίνητο είναι σταματημένο σε φανάρια ή σε μποτιλιάρισμα, εξοικονομεί όσο καύσιμο θα έκαιγε αν ο κινητήρας δούλευε στο



ρελαντί. Το πόσο καύσιμο θα εξοικονομηθεί εξαρτάται σχεδόν εξολοκλήρου από τις συνθήκες της οδήγησης.

#### *Φώτα που στρίβουν*

Μια νέα τεχνολογία αποτελούν τα φώτα που στρίβουν σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες. Το συγκεκριμένο σύστημα δίνει την δυνατότητα στα φώτα να συμπεριφέρονται κάθε φορά διαφορετικά, ανάλογα με τι χρειάζεται κάθε φορά να κάνουν. Πολλές φορές σε ερμηκίες περιοχές και με ελάχιστο ή καθόλου φωτισμό η απότομες στροφές είναι ένα καθόλου ασήμαντο πρόβλημα που εφιστά την ιδιαίτερη προσοχή του οδηγού. Τα νέα αυτά φώτα ακολουθούν το δρόμο και στρίβουν πριν το όχημα με αποτέλεσμα την πρόωρη ορατότητα του οδηγού.

Επίσης τα συγκεκριμένα φώτα αντιλαμβάνονται στον δρόμο τυχόν πεζούς και μετατοπίζονται οι δέσμες φωτός όσο χρειάζεται για την μη ενόχληση τους. Ακόμα στην διασταύρωση με άλλο όχημα προσαρμόζονται αυτόματα ανάλογα, χωρίς να μειώνουν την ορατότητα του οδηγού , αλλά ούτε και του διερχόμενου στην αντίθετη κατεύθυνση οχήματος.

Τέλος τα φώτα αυτά εκτός του ότι προσαρμόζονται αυτόματα στο δρόμο, στρίβουν και δεν τυφλώνουν, διαβάζουν μόνα τους και πινακίδες.

#### *Ο υπολογιστής ταξιδιού*

Ο υπολογιστής ταξιδιού είναι ένα σύστημα που έχουν τα αυτοκίνητα, το οποίο παρέχει κάποιες πληροφορίες σε σχέση με το ταξίδι στον οδηγό. Κάποια από αυτά που μετράει κατά την διάρκεια του ταξιδιού αλλά και την δυνατότητα συγκράτησης τους για την πληροφόρηση του οδηγού στο τέλος είναι:

- Στιγμιαία ταχύτητα κατά την πορεία
- Μέση ταχύτητα ταξιδιού

- Μέγιστη ταχύτητα ταξιδίου
- Στιγμιαία κατανάλωση καυσίμου κατά την πορεία
- Μέση κατανάλωση στο τέλος του ταξιδίου
- Για πόσα χιλιόμετρα επαρκεί το διαθέσιμο στο ρεζερβουάρ καύσιμο
- Τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή
- Την εξωτερική θερμοκρασία της περιοχής

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

### Αισθητήρας αναγνώρισης οδηγού και ελέγχου νηφαλιότητας του

#### 6.1 Γενικά

Η συγκεκριμένη κατασκευή όπου αποτελείται από μερικά όργανα αισθητήρες σε απόλυτη συνεργασία μεταξύ τους και έτσι την αναφέρουμε και ως αισθητήρα αναγνώρισης και ελέγχου νηφαλιότητας οδηγού, ανήκει στους αισθητήρες προστασία και ασφάλειας κατά μείζονα λόγω του οδηγού και κατεπέκταση του οχήματος του. Δύναται η χρησιμοποίηση του σε κάθε είδους αυτοκινούμενο όχημα, σκοπεύοντας στην προστασία του οδηγού κάθε φορά που επρόκειτο να το οδηγήσει και φυσικά αν ο οδηγός του, ορθός «ζητάει» την άδεια του οχήματος από το ίδιο το όχημα ώστε να το οδηγήσει. Η ταυτοποίηση του οδηγού και ο έλεγχος νηφαλιότητας του από τον μηχανισμό αυτό δεν απαιτεί καμία ιδιαίτερη προσπάθεια από τον υποψήφιο οδηγό καθώς και καμία γνώση του, για την συγκεκριμένη διαδικασία.

Η διαδικασία είναι σχεδόν όπως και η ήδη υπάρχουσα διαδικασία που κάνει κάποιος οδηγός ως τώρα για να εισέλθει στο όχημα του και να το θέσει σε κίνηση για οποιαδήποτε επιθυμητή για αυτόν πορεία. Αυτό που στην πραγματικότητα χρειάζεται είναι ο υποψήφιος οδηγός να ξεκλειδώσει, να ανοίξει την πόρτα του οχήματος του και να εισέλθει καθήμενος στο όχημα. Στην συνέχεια αφού τοποθετήσει την ζώνη ασφαλείας του και θέσει τον διακόπτη εκκίνησης σε διαδικασία έναυσης του κινητήρα θα πρέπει να κοιτάξει ευθεία εμπρός όπου εκεί θα έχει τοποθετηθεί κάμερα αναγνώρισης και ταυτοποίησης του, και επιπλέον να φυσήξει σε συγκεκριμένο ακροφύσιο για να εκλεχθεί μέσω της ποσότητας αλκοόλης στο αίμα του.

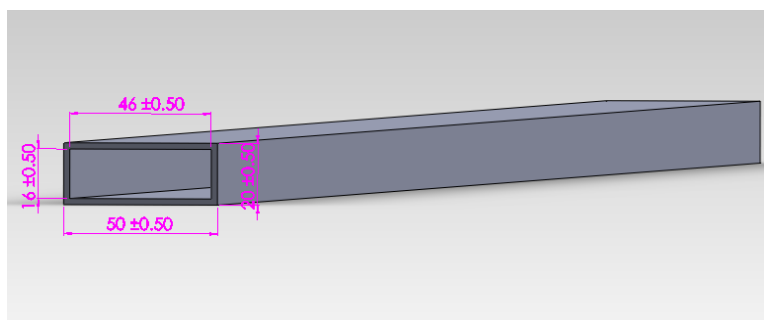
Η προσαρμογή του σε όχημα είναι λίγο απαιτητική, η τοποθέτηση του γίνεται σε συγκεκριμένες θέσεις που θα πρέπει να είναι διακριτικός ενσωματωμένος και μη ενοχλητικός στον οδηγό και τους υπόλοιπους επιβαίνοντες. Απαιτεί και αυτός ο αισθητήρας μια σειρά από εργασίες όπως

και οι υπόλοιποι αισθητήρες κάθε είδους, σε ένα όχημα, αφού σκοπός του είναι η προστασία των επιβαινόντων και του ίδιου του αυτοκινήτου. Είναι φυσικό να κάνει τον έλεγχο πριν την εκκίνηση του οχήματος. Τα υλικά που απαιτούνται είναι εξαρτήματα που είδη χρησιμοποιούνται παγκοσμίως όπως και άλλα αισθητήρια όργανα που έχουν ευρεία χρήση. Κάμερα ή λογισμικό αναγνώρισης προσώπου, λογισμικό ταυτοποίησης κωδικού, αισθητήριο ή αισθητήρια βάρους, αισθητήρας αλκοόλης, οθόνη για να μας δείχνει οπτικά τα βήματα της διαδικασίας κάθε φορά καθώς και τα αποτελέσματα. Ενδεικτικά λαμπάκια διαφορετικής σημασιολογίας, όπως και ηχείο για την έξοδο ηχητικών μηνυμάτων. Η καλωδίωση και πίνακας με δυνατότητα ηλεκτρονικών πυλών για την δημιουργία όλων των απαιτούμενων κυκλωμάτων. Τέλος απαραίτητη προϋπόθεση η χρήση ηλεκτρονικού μικροϋπολογιστή που εισάγει επεξεργάζεται και εξάγει αποτελέσματα, και θα είναι υπεύθυνος για την όλη διαδικασία καθώς και το αποτέλεσμα της.

## 6.2 Χαρακτηριστικά εξαρτημάτων

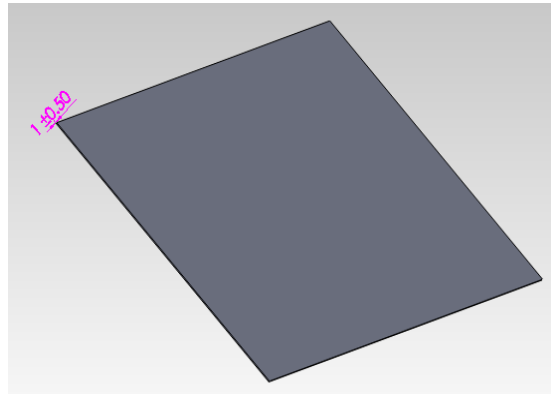
### *Το κατασκευαστικό μέρος*

Κοιλοδοκός γαλβανιζέ (50×20×2)mm μήκος, ύψος, πάχος αντίστοιχα, εικόνα 6.01.



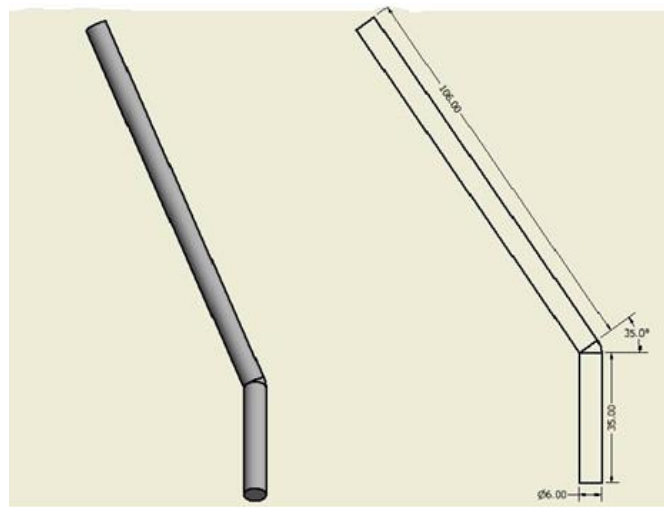
Εικόνα 6.01: Κοιλοδοκός γαλβανιζέ.

Λαμαρίνα INOX πάχος 1mm.Εικόνα 6.02.



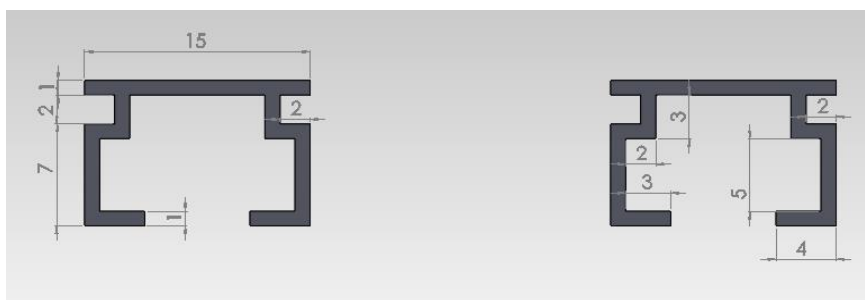
Εικόνα 6.02: Λαμαρίνα INOX.

Ράβδος INOX πάχος 6mm.Εικόνα 6.03.

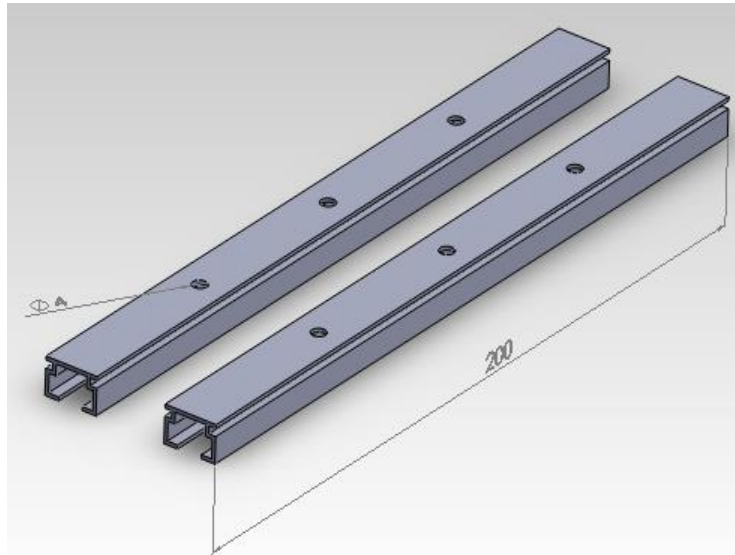


Εικόνα 6.03: Ράβδος INOX.

Διάδρομος αλουμινίου πλάτος 15mm, ύψος 10 mm, οι υπόλοιπες διαστάσεις φαίνονται στην Εικόνα 6.04.α.β.

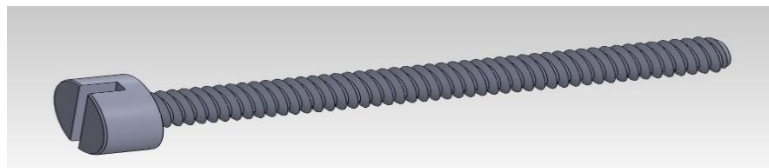


Εικόνα 6.04.α: Διάδρομος αλουμινίου.

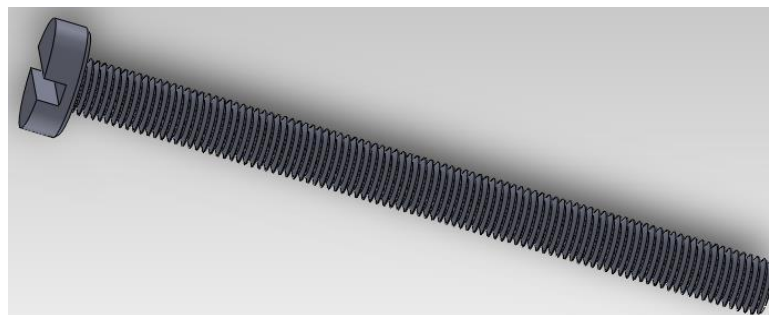


Εικόνα 6.04.β: Διάδρομος αλουμινίου.

Βίδες από σίδηρο μήκος 50 mm, διάμετρο 3mm βήμα σπειρώματος 0,5 mm και βάθος σπειρώματος 0,3mm. Επίσης βίδες από σίδηρο μήκος 25mm, διάμετρο 1,5 mm, βήμα σπειρώματος 0,5 mm και βάθος σπειρώματος 0,2mm. Εικόνα 6.05.α & β. Αντίστοιχα.

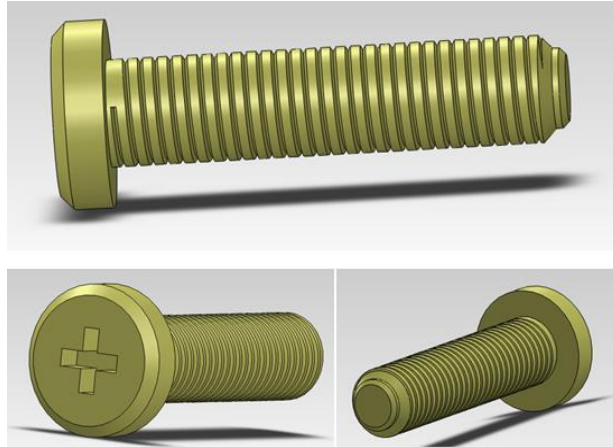


Εικόνα 6.05.α: Βίδες από σίδηρο.



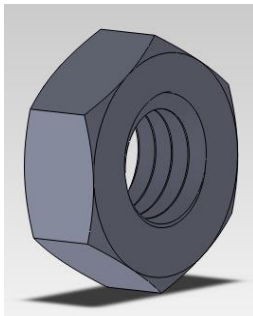
Εικόνα 6.05.β: Βίδες από σίδηρο.

Βίδες από χαλκό μήκος 16mm, διάμετρο 4mm. Εικόνα 6.06.

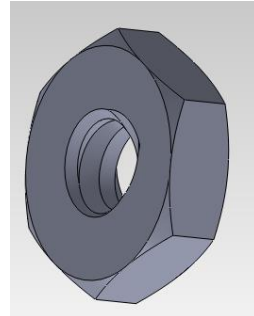


Εικόνα 6.06: Βίδα από χαλκό.

Παξιμάδια από σίδηρο διαμέτρου 3,5mm με βήμα σπειρώματος 0,5mm και βάθος σπειρώματος 0,3 mm. Εικόνα 6.07.α. Ακόμα παξιμάδια από σίδηρο διαμέτρου 1,7mm με βήμα σπειρώματος 0,5 mm και βάθος σπειρώματος 0,2 mm. Εικόνα 6.07.β.

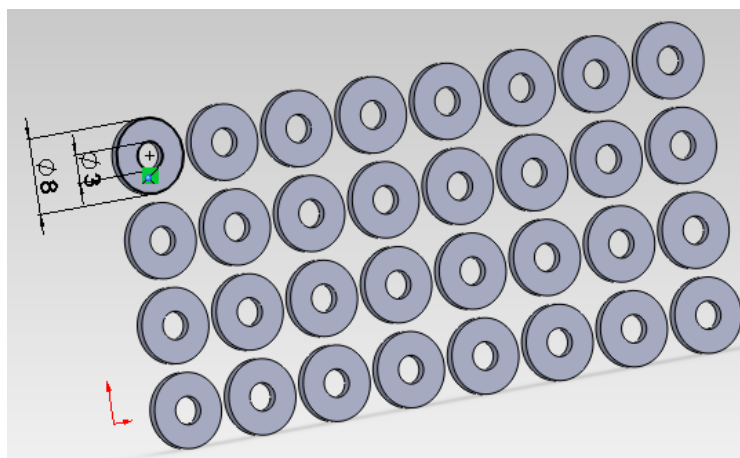


Εικόνα 6.07.α: Παξιμάδι από σίδηρο



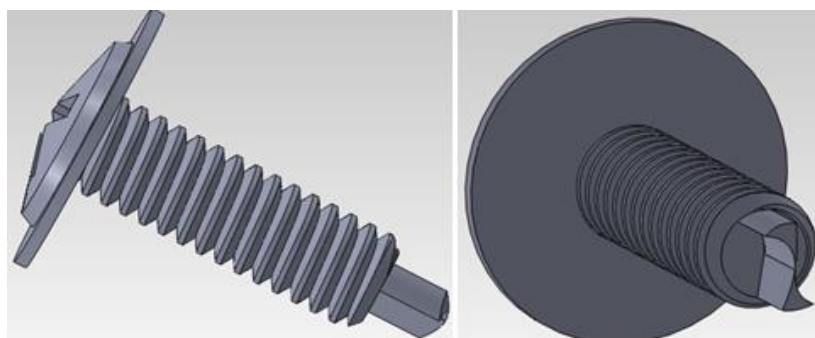
Εικόνα 6.07.β: Παξιμάδι από σίδηρο.

Ροδέλες από σίδηρο με εξωτερική διάμετρο 8mm και εσωτερική διάμετρος 3mm. Εικόνα 6.08.



Εικόνα 6.08: Ροδέλες από σίδηρο.

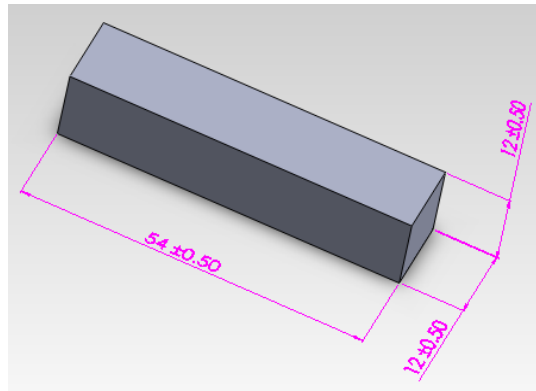
Τρυπανόβιδες από σίδηρο μήκους 12mm, διάμετρος 4mm, βήμα σπειρώματος 1mm και βάθος σπειρώματος 0,5 mm. Εικόνα 6.09.



Εικόνα 6.09: Τρυπανόβιδα.

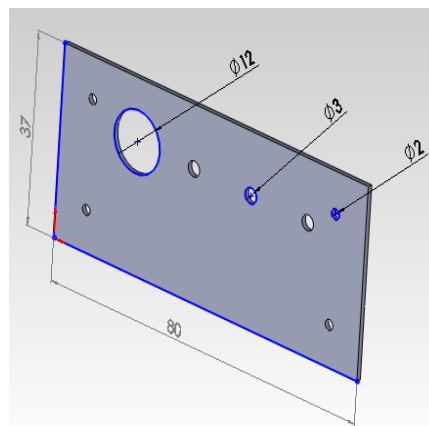
Σίδηρος 54mm μήκους, 12mm πλάτους και 12mm ύψους στο ρόλο καθίσματος. Είναι τοποθετημένος σε βάση αντίστοιχων διαστάσεων ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί επάνω του ο αισθητήρας βάρους. Εικόνα 6.10.





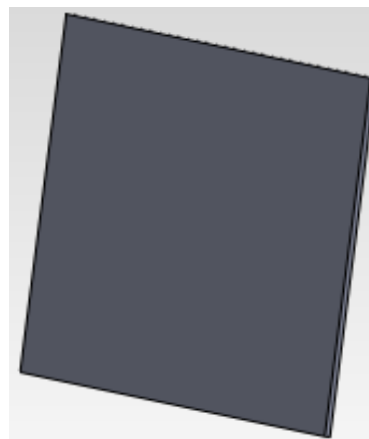
Εικόνα 6.10: Βάση για τον αισθητήρα βάρους

Πλαστική βάση πάχους 2mm. Εικόνα 6.11.



Εικόνα 6.11: Πλαστική βάση.

Βάση από λάστιχο εικόνα 6.12.



Εικόνα 6.12: Λαστιχένια βάση

### *Ηλεκτρονικό μέρος*

- Arduino uno REV 3
- Load sensor – 100G – 1KG
- Alcohol gas sensor MQ3
- Κάμερα
- Basic 16×2 character LCD – Black on green 5V
- Breadboard – full – size (bare)
- Mini push button switch
- Buzzer – pc mount 12MM 2.048KHZ
- Jumper wires – connected 6” (M/M, 20 park)
- Led starter kit
- Power supply 12 VDC 0.5A – eu
- Καλώδιο USB -2 type A - > B M/M
- Ηλεκτρονικός υπολογιστής
- Ποτενσιόμετρο

### *Το λογισμικό μέρος*

Γλώσσα προγραμματισμού C και C PLUS PLUS

## **6.4 Μηχανισμοί κατασκευής**

### *Το ηλεκτρονικό μέρος*

#### *Arduino*

Το arduino Uno είναι μία ηλεκτρονική πλακέτα (κύκλωμα) εικόνα 6.13 και σχήμα 6.01, με ενσωματωμένο μικροελεγκτή με βάση την Atmega 328 (τεχνικό δελτίο). Έχει 14 ψηφιακές υποδοχές εισόδου / εξόδου (εκ των οποίων 6 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδοι), 6 αναλογικές εισόδους, ένα 16 MHz κεραμικό αντηχείο μια σύνδεση USB, μια υποδοχή ρεύματος, μια κεφαλίδα ICSP, και ένα κουμπί επαναφοράς. Περιέχει όλα όσα χρειάζονται για τη στήριξη του μικροελεγκτή ή τη σύνδεση σε έναν υπολογιστή με ένα

καλώδιο USB ή με ένα μετασχηματιστή AC σε DC ή μπαταρία για να ξεκινήσει.

Το κύκλωμα Uno έχει μια αντίσταση τραβώντας τη γραμμή λειτουργίας προς το έδαφος, πράγμα που καθιστά ευκολότερο να τεθεί σε λειτουργία το κύκλωμα. Το κύκλωμα έχει τα εξής χαρακτηριστικά: Έχει υποδοχή κοντά στον πείρο επαναφοράς. Ακόμα έχει αντίσταση ως ασφάλεια που επιτρέπει την προσαρμογή της τάσης που παρέχετε από το κύκλωμα. Στο μέλλον οι ασφάλειες θα είναι συμβατές με το κύκλωμα όπου θα λειτουργεί με 5 V και με τον arduino λόγω που λειτουργεί με 3.3V. Το δεύτερο είναι με μια μη συνδεδεμένη υποδοχή, που προορίζεται για μελλοντική χρήση. Θα έχει ισχυρότερη επαναφορά στο κύκλωμα . “Uno”, σημαίνει ένα στα Ιταλικά και πείρε το όνομα του για να σηματοδοτήσει την επικείμενη κυκλοφορία του arduino, που κινείτε προς τα εμπρός. Το Uno είναι η τελευταία σε μια σειρά από κυκλώματα Arduino USB, και το μοντέλο αναφοράς για την πλατφόρμα Arduino.

#### Χαρακτηριστικά:

- Ελικτής Atmega 328
- Τάση λειτουργίας 5V
- Τάση εισόδου (συνιστάται) 7 – 12V
- Τάση εισόδου (όρια) 6 – 20V
- Ψηφιακές I / O υποδοχές 14 (εκ των οποίων 6 παρέχουν PWM εξόδου)
- Αναλογικοί ακροδέκτες εισόδου 6
- DC ρεύμα ανά I / O Pin 40 Ma
- DC ρεύμα για 3.3V Pin 50 Ma
- Μνήμη 32 KB (Atmega 328) εκ των οποίων 0.5 KB που χρησιμοποιούνται από bootloade
- SRAM 2 KB (Atmega 328)
- EEPROM 1 KB (Atmega 328)

- Μήκος 68.6 χιλιοστά
- Πλάτος 53.4 χιλιοστά
- Βάρος 25 g

Το arduino μπορεί να χρησιμοποιήσει έναν Atmega168 ή 328. Η διαμόρφωση των ακίδων είναι ίδια σε όλους τους επεξεργαστές ισχύς. Το Arduino Uno μπορεί να τροφοδοτείται μέσω επίσης σύνδεσης USB ή με εξωτερική τροφοδοσία ρεύματος. Η πηγή ενέργειας επιλέγεται αυτόματα. Εξωτερική (μη – USB) δύναμη μπορεί να προέλθει είτε από έναν προσαρμογέα AC σε DC ή μπαταρία. Ο προσαρμογέας μπορεί να συνδεθεί με σύνδεση ενός θετικού βύσματος 2,1 χιλιοστά στην υποδοχή τροφοδοσίας του πίνακα. Μπορεί ακόμα να οδηγήσει από μια μπαταρία και τοποθετηθεί στα GND και VIN ονομαστική είσοδο / έξοδο της σύνδεσης POWER. Ο πίνακας μπορεί να λειτουργήσει με εξωτερική παροχή των 6 έως 20 Volt. Αν τροφοδοτείται με λιγότερο από 7 Volt, η τροφοδοσία του πίνακα (περόνη 5V) μπορεί να παρέχει λιγότερο από πέντε volt λόγω της ενσωματωμένης αντίστασης, και ο πίνακας μπορεί να είναι ασταθής εάν χρησιμοποιείται περισσότερο από 12 Volt, ο ρυθμιστής τάσης μπορεί να υπερθερμανθεί και να πάθει ζημία η πλακέτα. Η συνιστώμενη τάση είναι 7 έως 12 Volt.

Οι ακίδες ισχύος είναι ως εξής: όταν είναι η τάση εισόδου πλακέτα Arduino χρησιμοποιεί μια εξωτερική πηγή ενέργειας (σε αντιδιαστολή με 5 Volt από την σύνδεση USB ή άλλη ελεγχόμενη πηγή ρεύματος). Μπορεί να δοθεί τάση μέσω αυτής της υποδοχής, ή από την παροχή τάσης μέσω του ακροδέκτη ισχύος, δηλαδή έχουμε πρόσβαση μέσω αυτής της υποδοχής. Ο πίνακας μπορεί να τροφοδοτείται με ρεύμα είτε από το βύσμα συνεχούς ρεύματος (7-12 V), ή σύνδεση USB (5V). Η παροχή τάσης μέσω τον ακροδεκτών 5V ή 3,3V παρακάμπτε το ρυθμιστή, και μπορεί να προκαλέσει βλάβη στην κάρτα. Για τον λόγο αυτό το αποφεύγουμε η προμήθεια 3,3 Volt που παράγεται από τη ρυθμιστική αρχή του πίνακα. Η μέγιστη κατανάλωση ρεύματος είναι 50 Ma. GND ακροδέκτες γείωσης.

Επίσης διαθέτει μια υποδοχή με ονομασία (IOREF) όπου παρέχει την τάση αναφοράς με το οποίο λειτουργεί ο μικροελεγκτής του arduino. Μια σωστά ρυθμισμένη ασφάλεια μπορεί να διαβάσει την τάση της υποδοχής (καρφίτσα IOREF) και να επιλέξει την κατάλληλη πηγή ενέργειας ή να επιτρέπει στους μεταφραστές τάσης στις εξόδους για εργασία με την 3,3 Volt ή 5 Volt. Η Atmega 328 έχει 32 KB (με 0,5 KB που χρησιμοποιούνται για τον ανορθωτή εκκίνησης 0). Διαθέτει επίσης 2 KB SRAM και το 1KB EEPROM (το οποίο μπορεί να διαβαστεί και να γραφτεί με την βιβλιοθήκη EEPROM). Εισόδου και Εξόδου.

Κάθε μία από τις 14 υποδοχές του Uno μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως είσοδος ή έξοδος, χρησιμοποιώντας pin Mode, Digital Write και Digital Read που λειτουργούν σε 5 Volt. Κάθε υποδοχή μπορεί να παρέχει ή να λάβει ένα μέγιστο των 40 MA και να έχει μια εσωτερική αντίσταση που μπορεί να (αποσυνδεθεί από προεπιλογή) 20 – 50 kohms. Επιπλέον έχουμε υποδοχές για εξειδικευμένες λειτουργίες όπως είναι serial (RX) και 1 (TX) που χρησιμοποιείται για την λήψη και μετάδοση δεδομένων σειριακά με αντίστοιχες υποδοχές του Atmega USB.

Επιπλέον έχουμε υποδοχές που μέσω αυτών μπορούμε να ρυθμιστούν για να προκαλέσουμε μια διακοπή σε μία χαμηλή τιμή, μια ανερχόμενη ή κατερχόμενη ακμή, ή μία αλλαγή στην τιμή.

PWM: 3, 5, 6, 9, 10 και 11 εδώ έχουμε παροχή 8 bit εξόδου PWM με την λειτουργία analog Write.

SPI: 10(SS), 11(MOSI), 12(MISO), 13(SCK). Οι ακίδες αυτές υποστηρίζουν την επικοινωνία SPI χρησιμοποιώντας την βιβλιοθήκη SPI.

Υπάρχει ένα ενσωματωμένο LED που συνδέεται ψηφιακά, όταν η υποδοχή είναι μεγάλης αξίας δηλαδή έχουμε επαναπρογραμματισμό, η ενδεικτική λυχνία είναι αναμμένη, διαφορετικά όχι.

Το Uno έχει 6 αναλογικές εισόδους, από A0 έως A5, καθένα από τα οποία παρέχουν 10 bits (δηλαδή 1024 διαφορετικές τιμές). Από προεπιλογή μετρούν έως 5 Volt, αν και είναι δυνατόν να αλλάξει το άνω άκρο του εύρους τους, χρησιμοποιώντας τον ελεγκτή λειτουργίας analog. Επίσης και εδώ

κάποιες υποδοχές έχουν εξειδικευμένη λειτουργικότητα: η A4 και A5 υποδοχές υποστηρίζουν την επικοινωνία χρήσης της βιβλιοθήκης. Και εδώ έχουμε τάση αναφοράς για επίσης αναλογικές εισόδους. Ωστόσο η επαναφορά συνήθως χρησιμοποιείται για να προσθέσουμε ένα κουμπί επαναφοράς για μεγάλες ασφάλειες που μπορεί να μπλοκάρουν το ηλεκτρονικό πίνακα.

Το Arduino Uno έχει μια σειρά από εγκαταστάσεις για την επικοινωνία με έναν υπολογιστή ή ένα άλλο Arduino, ή άλλους μικροελεγκτές. Η Atmega 328 παρέχει (5V) σειριακή επικοινωνία, η οποία είναι διαθέσιμη για επίσης ψηφιακές υποδοχές. Μια Atmega 16U2 χρησιμοποιεί τα τυπικά προγράμματα οδήγησης USB COM, και κανένας εξωτερικός οδηγός δεν απαιτείται. Σε αντίθεση με τα Windows απαιτείται «.inf» αρχείο. Το λογισμικό Arduino περιλαμβάνει μια σειριακή οθόνη η οποία επιτρέπει την απλή αποστολή δεδομένων (κειμένου) επίσης και από την πλακέτα Arduino. Οι RX και TX λυχνίες LED στο ταμπλό αναβοσβήνουν όταν γίνεται μετάδοση δεδομένων μέσω του τσιπ και USB σύνδεση με υπολογιστή.

Το Arduino Uno μπορεί να προγραμματιστεί με το λογισμικό Arduino (download). Επιλογή => Arduino Uno από το μενού Εργαλεία του πίνακα. Ο Atmega 328 στο Arduino Uno έρχεται preburned με ένα bootloader που επίσης επιτρέπει να ανεβάσετε νέο κώδικα σε αυτό χωρίς την χρήση εξωτερικού προγραμματιστή υλικού. Επικοινωνεί χρησιμοποιώντας το αρχικό STK 500 πρωτόκολλο (έχοντας αναφορά τα αρχεία επικεφαλίδων C). Μπορεί επίσης να παρακαμφθεί η φόρτωση εκκίνησης και ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή μέσω του (Serial προγραμματισμός In Circuit).

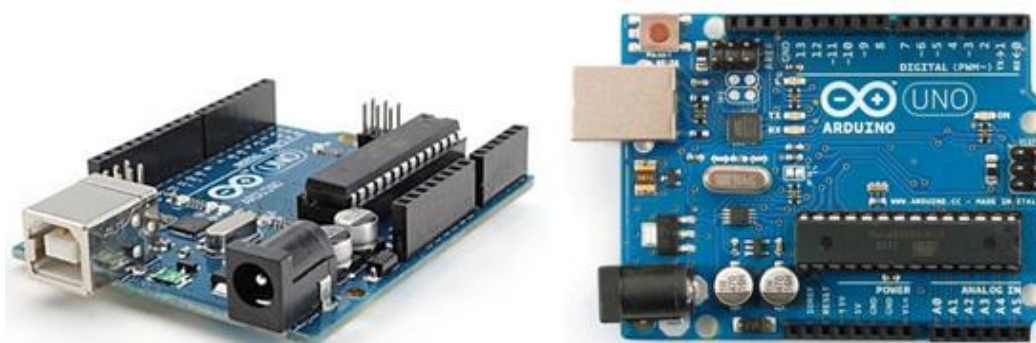
Αυτόματη (Software) επαναφορά: αντί να απαιτείται φυσικό πάτημα του κουμπού επαναφοράς πριν από την αποστολή, το Arduino Uno έχει σχεδιαστεί κατά τρόπο που να επιτρέπει να επαναφέρουμε το λογισμικό που τρέχει σε έναν συνδεδεμένο υπολογιστή. Μια επίσης από τις γραμμές ελέγχου ροής υλικού (DTR) του Atmega 328 μέσω επίσης πυκνωτή 100 nanofarad. Όταν αυτή η γραμμή είναι βεβαιωμένο (λαμβάνεται χαμηλή), η γραμμή επαναφοράς. Το λογισμικό Arduino χρησιμοποιεί αυτή την ικανότητα για να

επίσης επιτρέψει να ανεβάσουμε τον κωδικό πατώντας απλά το κουμπί Upload στο περιβάλλον Arduino. Το Uno περιέχει επιλογή που μπορεί να γίνει διακοπή για να έχουμε την δυνατότητα απενεργοποίησης επίσης αυτόματης επαναφοράς.

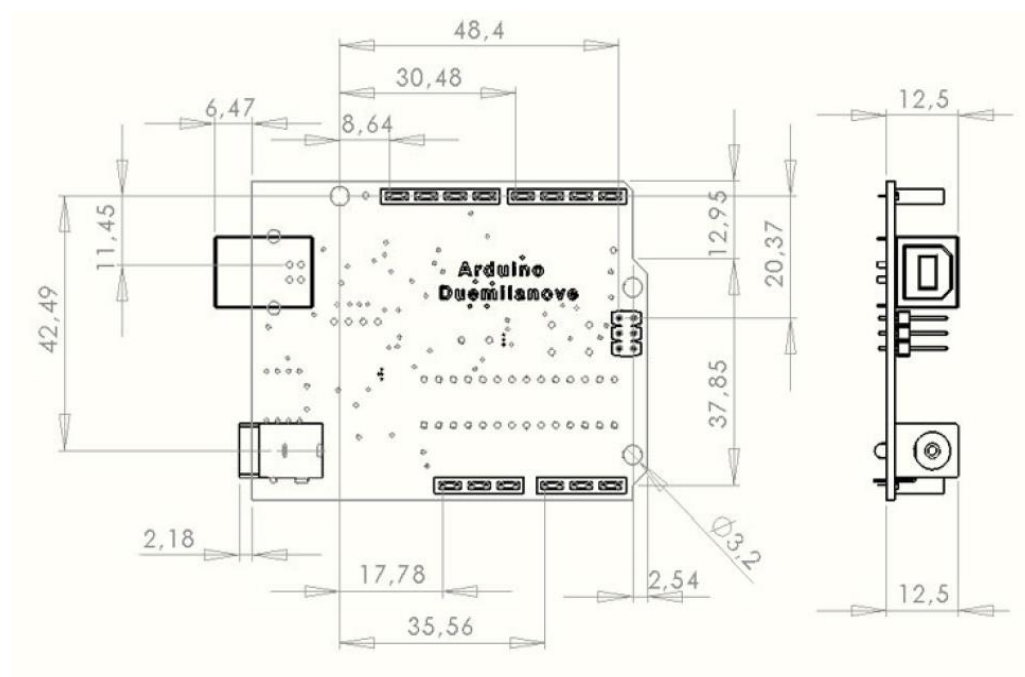
Ακόμα έχει μια επαναρρυθμιζόμενη ασφάλεια που προστατεύει τις θύρες USB του υπολογιστή από μεγάλες διακυμάνσεις. Αν και οι περισσότεροι υπολογιστές παρέχουν τη δική τους εσωτερική προστασία, η ασφάλεια παρέχει ένα επιπλέον επίπεδο προστασίας. Εάν υπερβαίνει τα 500 Ma η τιμή που εφαρμόζεται στη θύρα USB η ασφάλεια θα σπάσει αυτόματα με σκοπό την αποσύνδεση και η υπερφόρτωση αφαιρείται.

### Φυσικά χαρακτηριστικά:

Το μέγιστο μήκος και πλάτος του Uno είναι 68,58 mm και 53,34 mm αντίστοιχα, με την υποδοχή σύνδεσης USB και τη τροφοδοσία που εκτείνεται πέρα από την πρώην διάσταση. Τέσσερες τρύπες επιτρέπουν το πέρασμα βίδας στο κύκλωμα που πρέπει να συνδέεται σε μία επιφάνεια.



Εικόνα 6.13: Arduino τρισδιάστατη μορφή.



Σχήμα 6.01: Arduino σχέδιο και διαστασιολόγηση.

#### *Αισθητήρας βάρους*

Ο αισθητήρας φορτίου είναι όμοιος με εκείνων που βρίσκονται σε μια ψηφιακή ζυγαριά εικόνα 6.14. Επίσης ο αισθητήρας μπορεί να μετρήσει φορτίο από 100 γραμμάρια μέχρι 10 κιλά. Ένα κύτταρο φορτίου είναι μία ενότητα δύναμης ανίχνευσης – μια προσεκτικά σχεδιασμένη ελαστική κατασκευή, με μικρά στοιχεία ονομάζονται μετρητές καταπόνησης είναι τοποθετημένοι σε συγκεκριμένα σημεία της κατασκευής. Τα κύτταρα φορτίου σχεδιασμένα να μετρούν μια συγκεκριμένη δύναμη, και αγνοούν άλλες δυνάμεις που εφαρμόζονται.

Αυτό το μικρό κύτταρο Point Load χρησιμοποιείται σε μικρές κλίμακες κοσμήματα και ζυγαριά κουζίνας. Συναρμολογείται με ειδική θέση που να μπορεί να το περιβάλει και να το κρατεί σε μη κινούμενο ή κολλητό στην επιφάνεια που θα μετρήσει ή σε σταθερή επιφάνεια που θα έχει κόντρα η μετρούμενη επιφάνεια. Η δύναμη που εφαρμόζεται δεν είναι κρίσιμη, καθώς αυτή η κυτταρική φορτίου μετρά μια διατμητική δράση επί της δοκού. Εάν



τοποθετήσουμε ένα μικρό επί του κυττάρου φορτίο, όπως θα μπορούσε να γίνει σε μικρή κλίμακα, σε αυτό η δυναμοκυψέλη παρέχει ακριβείς αναγνώσεις ανεξάρτητα από τη θέση του φορτίου στην πλατφόρμα.



Εικόνα 6.14: Αισθητήρας Βάρους.

### *Κάμερα*

Για τη δημιουργία του μοντέλου μας επιλέξαμε τον αλγόριθμο τοπικά δυαδικά μοτίβα (Local Binary Patterns) (LBPs), που εμπεριέχεται στην βιβλιοθήκη OpenCV.

Θεωρείται από τους καταλληλότερους αλγόριθμους και πιο αποτελεσματικούς για το παρών πρόβλημα και έχει τις καλύτερες επιδόσεις σε σχέση με άλλους και με μικρό υπολογιστικό κόστος.

Έτσι μπορέσαμε να επιτεύξουμε αρκετά καλά αποτελέσματα με μικρό αριθμό δεδομένων εκπαίδευσης.

Το πρόβλημα της αναγνώρισης προσώπου αναλύεται στα παρακάτω επιμέρους τμήματα.

- Αναγνώριση προσώπου στην εικόνα

Πρώτα πρέπει να ανιχνεύσουμε το πρόσωπο στην εικόνα που θέλουμε να αναγνωρίσουμε. Έπειτα να κόψουμε αυτό το μέρος της εικόνας και να

δημιουργήσουμε το αντίστοιχο διάνυσμα χαρακτηριστικών το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε για την εκπαίδευση - αναγνώριση προσώπων [15].

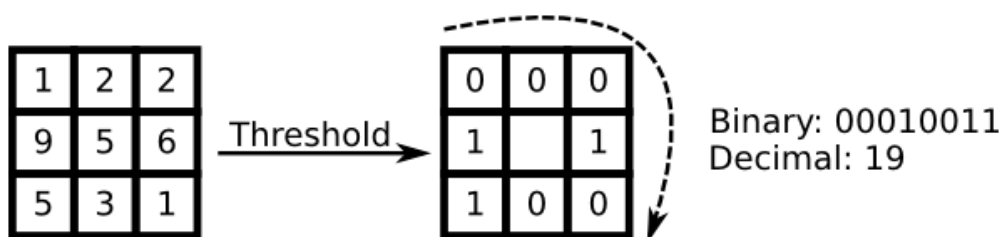
- Αναγνώριση εκάστοτε προσώπου.

Στην προκειμένη συστοιχία ο αλγόριθμος - το μοντέλο μας ψάχνει να αναγνωρίσει ένα και μοναδικό πρόσωπο, (είτε παραπάνω εάν θέλουμε να προσθέσουμε επιπλέον άτομα ως οδηγούς στο σύστημά μας). Συνεπώς μια εκπαίδευση χρησιμοποιώντας μόνο τα πρόσωπα τα οποία επιθυμούμε να αναγνωρίσουμε θα μας απόδιναν ένα μοντέλο που θα ήταν υπέρ-προσαρμοσμένο (overfitted) στα αντίστοιχα πρόσωπα και συνεπώς το μόνο μετρήσιμο στοιχείο θα ήταν η απόκλιση της πρόβλεψης. Δοκιμές με το παραπάνω μοτίβο απέφεραν ένα μοντέλο που ήταν εκπαιδευμένο στο να αναγνωρίζει το σχήμα του προσώπου χωρίς να έχει δημιουργήσει περαιτέρω χαρακτηριστικά αναγνωρίσματα. Ο φωτισμός και η γωνία παίζουν αρκετά σημαντικό ρόλο στην απόκλιση-σιγουριά (confidence) της πρόβλεψης κάτι το οποίο δεν είναι επιθυμητό σε πραγματικές συνθήκες.

### Αλγόριθμος LBPH

Η ιδέα πίσω από τον παραπάνω αλγόριθμο είναι να χειριστούμε την εικόνα όχι σαν ένα διάνυσμα μεγάλων διαστάσεων αλλά να περιγράψουμε μόνο τοπικά χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου. Τα χαρακτηριστικά που εξάγονται με αυτόν το τρόπο θα έχουν έμμεσα χαμηλότερη διάσταση. Ακόμα όπως παρατηρήσαμε και παραπάνω υπάρχουν αρκετές μετατροπές-παραλλαγές από τις οποίες μπορεί να υποφέρει μία αναπαράσταση ενός προσώπου σε εικόνα (φωτισμός, γωνία, απόσταση από την κάμερα, περιστροφή). Στην προκειμένη περίπτωση αυτό δεν είναι το μόνο που μπορεί να μεταβάλλεται στο δικό μας σύστημα είναι ο φωτισμός και η γωνία. Δεν ισχύει όμως το ίδιο και για το σύνολο των δεδομένων εκπαίδευσης. Η μεθοδολογία των Τοπικών Δυαδικών Μοτίβων (Local Binary Patterns) έχει τις ρίζες της στη δισδιάστατη ανάλυση επιφάνειας. Η βασική ιδέα είναι να

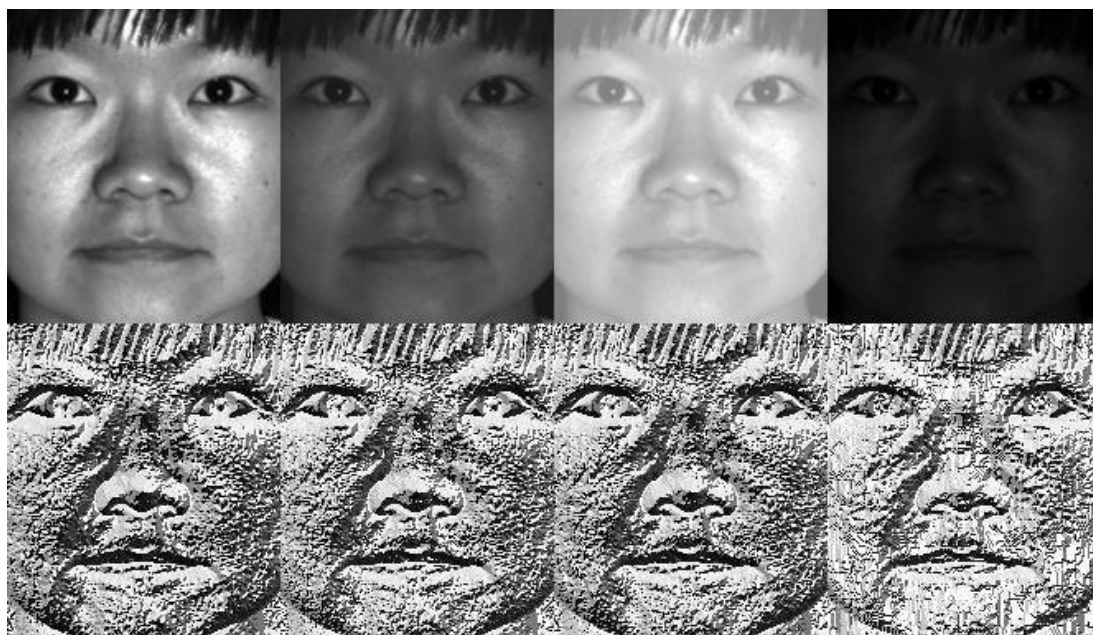
συνοψίζει την τοπική δομή σε μία εικόνα συγκρίνοντας κάθε pixel με την γειτονιά του, όπως φαίνεται στην εικόνα 6.15.



Εικόνα 6.15: Τυπική δομή σύγκρισης γειτονικών pixel.

Αν πάρουμε ένα pixel ως κέντρο και βάλουμε όριο στα στοιχεία που μπορεί να έχει ως γείτονες (στην παραπάνω περίπτωση 8). Εάν η ένταση του κεντρικού εικονοστοιχείου είναι μεγαλύτερη-ίση με το γείτονά του, τότε συμβολίστε το με 1 και 0 αν όχι. Θα καταλήξετε με έναν δυαδικό αριθμό για κάθε pixel, ακριβώς όπως το 00010011. Έτσι, με 8 γύρω εικονοστοιχεία, θα καταλήξετε με  $2^8$  πιθανούς συνδυασμούς, που ονομάζονται Τοπικά Δυαδικά Μοτίβα. Ο πρώτος χειριστής LBP που περιγράφεται στη βιβλιογραφία χρησιμοποίησε στην πραγματικότητα μια σταθερή γειτονιά 3 x 3 ακριβώς όπως παραπάνω:

Για την σύγκριση των τιμών έχει μετατραπεί η εικόνα 6.16 σε Ασπρόμαυρη ή ακόμα καλύτερα θα μπορούσαμε να πούμε σε κλίμακα του γκρι (GrayScale). Στην ουσία από μία αρχική εικόνα με διαστάσεις  $N \times M$  pixel με 3 κανάλια αναπαράστασης για το κάθε χρώμα RGB χρησιμοποιούμε 1 κανάλι αναπαράστασης (ασπρόμαυρο) και από την  $N \times M$  διάσταση κρατάμε μόνο τις διαστάσεις στις οποίες αναγνωρίζουμε τον πρόσωπο. Το παραπάνω δημιουργεί το ιστογράμμο της εικόνας, εξού και το "H" στο όνομα του αλγορίθμου υλοποίησης «τοπικά ιστογράμματα δυαδικών προτύπων» (Local Binary Pattern Histograms) [2].



Εικόνα 6.16: Σύγκριση εικόνας – τιμών [16]

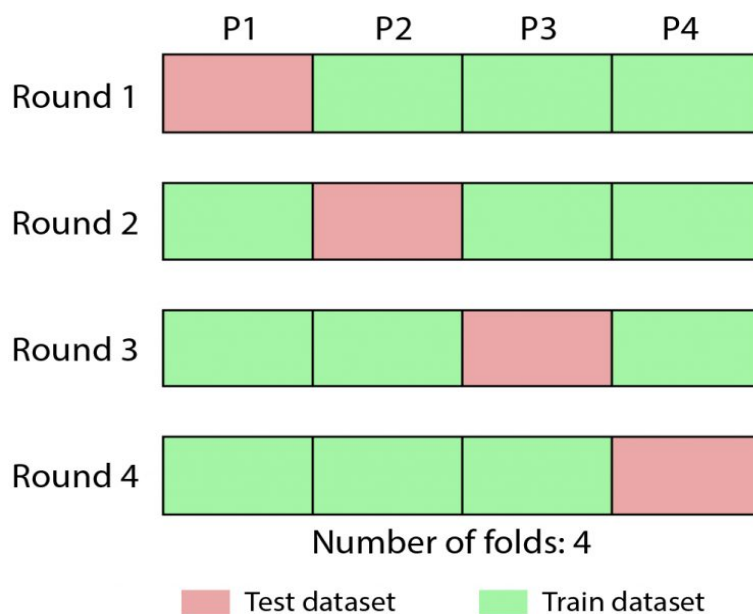
Τα ιστογράμματα που παράγει ο LBPH σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού [16].

Για την αναγνώριση του προσώπου χρησιμοποιήθηκε το ενσωματωμένο (build-in) μοντέλο από την βιβλιοθήκη του OpenCV Haar's Cascade Classifier [17].

Ο τρόπος που λειτουργεί η παρούσα υλοποίηση του αλγορίθμου LPBH που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του μοντέλου, αυτοματοποιεί την δημιουργία και επιλογή διανυσμάτων χαρακτηριστικών κατά την εκπαίδευση μέσα από διαδοχικά Cross-Validation.

Βάση των δεδομένων που του δίνουμε χωρίζει τα δείγματα σε επιμέρους τμήματα δεδομένων εκπαίδευσης και δεδομένων δοκιμής (Train - Testing). Παραδείγματος χάριν έστω ότι έχουμε στην διάθεση μας 40 φωτογραφίες 2 χρηστών. Ο αλγόριθμος χωρίζει τις εικόνες σε αντίστοιχα 4 τμήμα των 10 φωτογραφιών (P1, P2, P3, P4), όπως στην εικόνα 6.17 και επιλέγει κάθε φορά ένα τμήμα το οποίο χρησιμοποιεί ως Δεδομένα Δοκιμής κάνοντας εκπαίδευση με τα υπόλοιπα 3.

Ανάλογα με τα αποτελέσματα που θα πάρει θα προσαρμόσει τις παραμέτρους τις οποίες θα επιλέξει για να χτίσει το τελικό μοντέλο αναγνώρισης [18].



Εικόνα 6.17: Εκπαίδευση αλγορίθμου

Στην προκειμένη περίπτωση έχουμε 5 παραμέτρους:

- **Ακτίνα:** Χρησιμοποιείται για την κατασκευή του κυκλικού τοπικού δυαδικού σχεδίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η ακτίνα, τόσο πιο ομαλή είναι η εικόνα αλλά περισσότερες χωρικές πληροφορίες μπορεί να λάβουμε.
- **Γείτονες-Neighbours:** Ο αριθμός των δειγμάτων σημείων από τα οποία θα δημιουργηθεί ένα κυκλικό τοπικό δυαδικό μοτίβο. Μια κατάλληλη τιμή είναι να χρησιμοποιήσετε 8 σημεία δείγματος.
- **Grid-X:** Ο αριθμός των κελιών στην οριζόντια κατεύθυνση, 8 είναι μια κοινή τιμή που χρησιμοποιείται στις δημοσιεύσεις. Όσο περισσότερα κελιά, τόσο πιο λεπτό είναι το πλέγμα, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η τελική διάσταση του προκύπτοντος διανύσματος χαρακτηριστικών.
- **Grid-Y:** Αντίστοιχα και στην κατακόρυφη κατεύθυνση.

- **Κατώφλι - Threshold:** Το όριο που εφαρμόζεται στην πρόβλεψη. Εάν η απόσταση από τον πλησιέστερο γείτονα είναι μεγαλύτερη από το όριο, αυτή η μέθοδος επιστρέφει -1 [18].

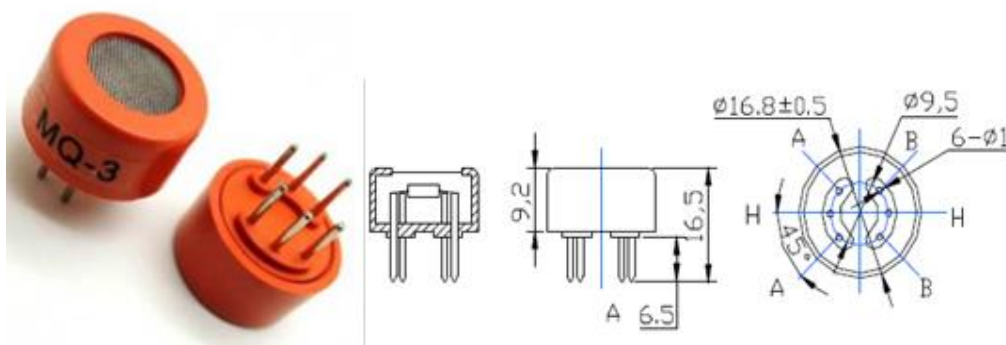
Έχοντας έτσι εξασφαλίσει την βελτιστοποίηση των τιμών παραμετροποίησης του μοντέλου στην προσπάθεια μας να ελαχιστοποιήσουμε την απόκλιση αναγνώρισης και εσφαλμένων προβλέψεων αυστηροποιήσαμε την αναγνώριση προσώπου στην κλίμακα των δειγμάτων και δοκιμών σε θέμα μεγέθους εικόνας και περικοπής του προσώπου.

Το πρώτο το οποίο και χρησιμοποιήσαμε καθώς έδωσε καλά αποτελέσματα και όντας μικρό σε μέγεθος (~70 mb) ελαχιστοποιώντας τον χρόνο εκπαίδευσης και χρόνο εκτέλεσης (runtime) αποτελείται από 28 πρόσωπα από τα οποία κρατήσαμε τα 26 [19].

Τα άλλα 2 είναι αρκετά μεγαλύτερα και θα ήταν ιδανικά για εκπαίδευση σε παραγωγικό προϊόν. Αποτελούνται από πρόσωπα από τις αντίστοιχες ιστοσελίδες (Wikipedia και IMDB) είναι αρκετά μεγαλύτερα σε μέγεθος (1GB και 6 GB). Δημιουργήθηκαν με σκοπό την δημιουργία μοντέλου αναγνώρισης ηλικίας κάτι το οποίοι θα ήταν επιθυμητό καθώς θα μας διασφάλιζε την σταθερότητα επίδοσης του μοντέλου και αναγνώριση προσώπων σε αισθητικές αλλαγές (π.χ. Κούρεμα ,ξύρισμα κ.α.) Λόγω του όγκου όμως των δεδομένων και κακής ποιότητας κάποιων εικόνων και έχοντας διαφορετικό στόχο στην παρούσα εργασία θα έπρεπε να γίνει ένα ξεκαθάρισμα και συγκεκριμένη διαλογή των εικόνων πράγμα που μεταφράζεται σε μεγάλο αριθμό εργατωρών (523.251 εικόνες). Θα πρέπει να διαγραφούν εικόνες που έχουν παραπάνω από ένα πρόσωπο, εικόνες με κακές γωνίες ή περιβάλλοντα που ενδέχεται να αλλάζουν τα χαρακτηριστικά του προσώπου. Να γίνουν δοκιμές ή αντίστοιχος τίτλος - ονομασία για τυχόν ενδυμασίες, καπέλα και πως αυτά επηρεάζουν τον μοντέλο μας και αν θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν κ.α. [20].

### Αισθητήρας αλκοόλης

Ο αισθητήρας οινόπνεύματος είναι κατάλληλος για την ανίχνευση συγκέντρωσης αλκοόλ στο αίμα μας, ακριβώς όπως τους κοινούς αισθητήρες αναπνοής εικόνα 6.18. Έχει υψηλή ευαισθησία και γρήγορο χρόνο απόκρισης. Ο αισθητήρας παρέχει μια αναλογική έξοδο στην αντίσταση με βάση τη συγκέντρωση αλκοόλης. Το κύκλωμα κίνησης είναι πολύ απλό, το μόνο που χρειάζεται είναι μια αντίσταση 3.3V ADC. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας έχει φύσα (βάση) σύνδεσης για την έξοδο τιμών. Το μόνο που χρειάζεται αυτή η βάση είναι τροφοδοσία σε 5V, GND, και μια αντίσταση. Η βάση αισθητήρα που αναφέρονται παρακάτω. Διαστάσεις: 16,8 χιλιοστά διάμετρο εικόνα 6.19.



Εικόνα 6.18: Αισθητήρας αλκοόλης.



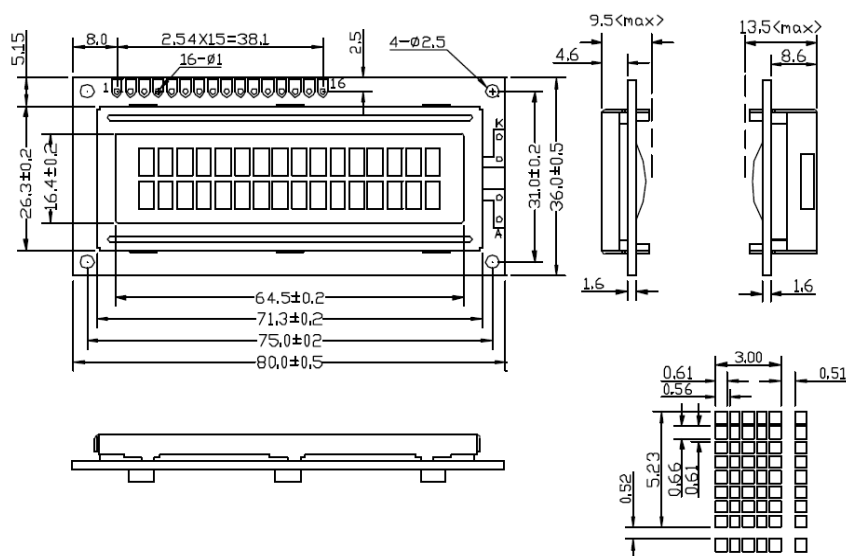
Εικόνα 6.19: Βάση αισθητήρα αλκοόλης.

### Οθόνη

Είναι μια οθόνη LCD 16 χαρακτήρων και 2 γραμμών. Αποτελείται από Μαύρο πλαίσιο σε πράσινο φόντο εικόνα 6.20 και σχήμα 6.02. Χρησιμοποιεί την εξαιρετικά κοινή HD44780 chipset παράλληλη διεπαφή. Ονομάζεται Interface είναι ελεύθερα διαθέσιμη. Χρειάζεται ~ 11 ακίδες γενική I / O για να έχουμε σύνδεση σε αυτήν την οθόνη. Περιλαμβάνει οπίσθιο φωτισμό LED. Και οι διαστάσεις επίσης είναι: 80,01 mm μήκος και 36,01 mm πλάτος.



Εικόνα 6.20: Οθόνη.

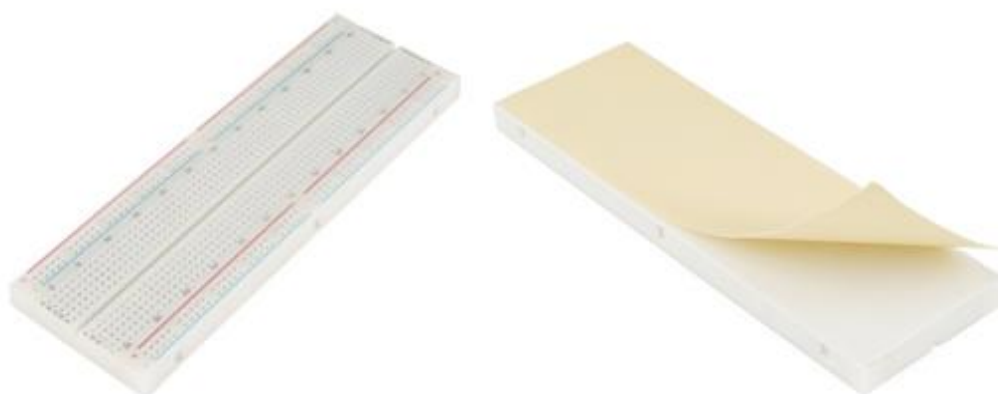


Σχήμα 6.02: Οθόνη.



### *Breadboard*

Το Breadboard είναι επίσης πίνακας πολλών ηλεκτρικών θυρών εικόνα 6.21. Διαθέτει 2 στήλες όπου αποτελούνται από 60 ζεύγη πώλων η κάθε στήλη. Ακόμα διαθέτει δύο ομάδες από 5 στήλες και 60 γραμμές με συνολικά 600 θύρες εισόδου εξόδου . Επίσης οι ηλεκτρικές αυτές πόρτες έχουν απόσταση 0,1mm, «Οι δύο ομάδες των πέντε στηλών χωρίζονται από περίπου 0,3mm», είναι ιδανική αυτή η απόσταση. Ο πίνακας δέχεται καρφισωμένα πάνω του μεγέθη σύρματος.20-29AWG. Επιπλέον ο πίνακας έχει ένα αυτοκόλλητο στο πίσω μέρος. Οι πίνακες έχουν ακόμα αλληλοσυνδεόμενα μέρη, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης όσων μαζί θα θέλαμε. Οι διαστάσεις του είναι: (165,1 × 54,29 × 9,68 mm). Διατίθεται στην αγορά και σε αρκετά μεγάλα μεγέθη που θεωρούνται και ως πλήρη μεγέθη.

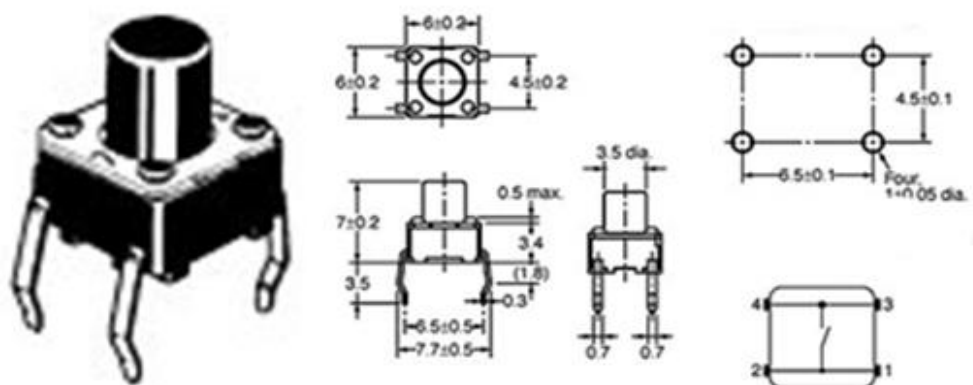


Εικόνα 621: Breadboard.

### *Διακόπτης εκκίνησης*

Τα συγκεκριμένα κουμπιά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τα πάντα, αφού είναι εύχρηστα λειτουργικά γι' αυτό και έχουν ευρεία χρήση. Αυτά τα κουμπιά Μινιατούρα είναι μονοπολικό διακόπτες μονής ρίψης, και είναι φιλικά σε αυτά τα breadboard. Τέλεια ως αφής διακόπτης επαναφοράς. Τα κουμπιά αυτά βαθμολογούνται μέχρι 50mA.

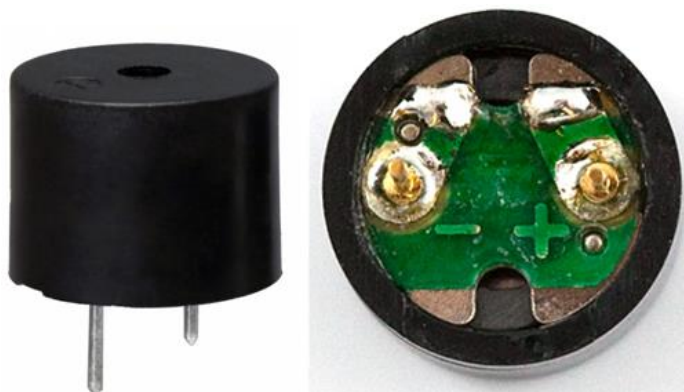
Τέλος χαρακτηριστικό τους είναι η στιγμιαία επαφή, έχουν 4 καρφίτσες, είναι στρογγυλά με μαύρο χρώμα το μποτών, με σπή ανάρτησης, και διαστάσεις  $6 \times 6 \times 5\text{mm}$ . Εικόνα 6.22.



Εικόνα 6.22: Διακόπτης Εκκίνησης.

### Ηχείο

Αυτό είναι ένα μικρό ηχείο διαμέτρου 12 χιλιοστά που λειτουργεί όλο το ακουστικό φάσμα 2kHz. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτά τα ηχεία για την δημιουργία απλών συνδέσεων για μουσική. Κάθε ηχείο είναι συγκολλησιμο και απαιτεί μια τάση λειτουργίας του 3.5-5V με μέσο ρεύμα 35mA max. Αυτά τα ηχεία έχουν επίσης μια τυπική έξοδο ήχου 95 dBA και μια αντίσταση πηνίου  $42 \pm 6.3 \text{ ohm}$ . Εικόνα 6.23.



Εικόνα 6.23: Ηχείο.

### Καλώδιο

Έχουμε δύο διαφορετικές διαστάσεις καλωδίων. Τα πρώτα πρόκειται για καλώδια 152.4 mm μήκος και 1.5 mm διάμετρο και τα Δεύτερα 297.2mm μήκος και 1.8mm διάμετρο με αρσενικά βύσματα και στα δύο άκρα τους. Μπορούν να συνδέσουν οποιαδήποτε υποδοχή θηλυκού βύσματος σε κάθε πίνακα με οποιοδήποτε άλλο πίνακα. Ακόμα μπορούν να κάνουν πολλαπλές συνδέσεις τέτοιου είδους πινάκων. Αυτά τα βοηθητικά καλώδια εκκίνησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τα πάντα σχεδόν. Εργάζονται με επιτυχία με Breadboards και Arduinos. Εικόνα 6.24.



Εικόνα 6.24: Καλώδια συνδέσεων.

### Φωτάκια led

Τα ενδεικτικά αυτά φωτάκια είναι LED με αντιστάσεις, και μια μπαταρία σε σχήμα νομίσματος. Περιλαμβάνουν τα πλέον χρησιμοποιούμενα χρώματα και μας δίνουν την δυνατότητα λάμψης . Εικόνα 6.25.



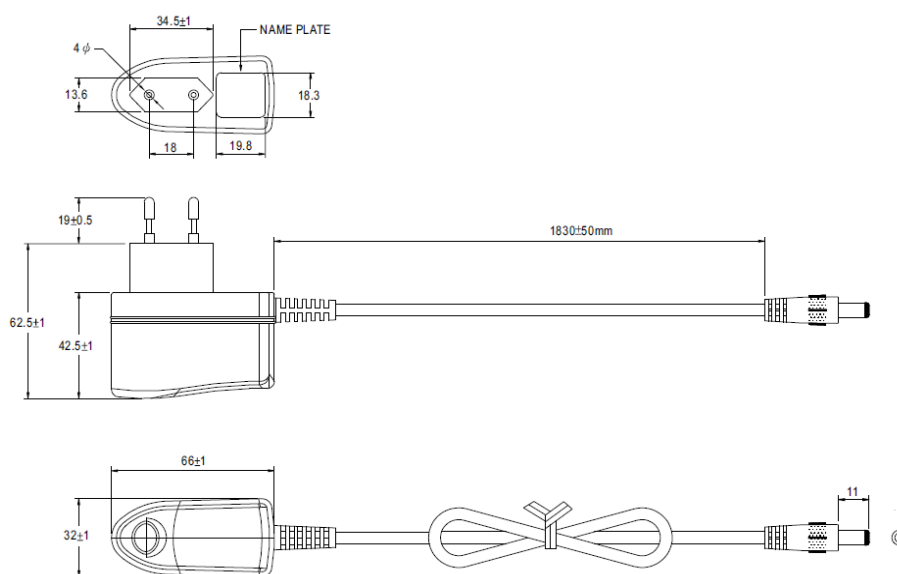
Εικόνα 6.25: LED λάμψης.

### Τροφοδοτικό

Τα παραμέτρους του ορίζονται στα 230 VAC ονομαστικό φορτίο. Η τάση εξόδου καθορίζονται από το τερματικό βύσμα. Είναι σχεδόν αθόρυβο και έχει μια ανοχή ως προς το φορτίο και για τον λόγο αυτό περιλαμβάνει ρυθμιστή φορτίου, όπου η ρύθμιση αυτή μετριέται από χαμηλό φορτίο σε υψηλό, δηλαδή από 0% έως 100% ονομαστικό φορτίο. Η παροχή ρεύματος θεωρείται ανεξάρτητη μονάδα, αλλά ο τελικός εξοπλισμός πρέπει να επιβεβαιώνει εκ νέου ότι το όλο σύστημα είναι σύμφωνο με τις οδηγίες. Εικόνα 6.26 και σχήμα 6.03.



Εικόνα 6.26: Τροφοδοτικό



Σχήμα 6.03: Τροφοδοτικό

### *Καλώδιο usb2*

Είναι ένα απλό καλώδιο μεταφοράς δεδομένων. Εικόνα 6.27.



Εικόνα 6.27: Καλώδιο usb 2.

### *Ποτενσιόμετρο*

Ένας απλός ρυθμιστής αντίστασης εικόνα 6.28. όπου είναι αρκετά απλός. Έχει μία επαφή για την σύνδεση του σε θετικό πόλο (τροφοδοσία) και μια επαφή για την σύνδεση του σε αρνητικό πόλο (κάθοδο). Ακόμα έχει μία Τρίτη επαφή που συνδέεται το άκρο που θέλουμε να ρυθμίζουμε την αντίσταση (αύξηση – μείωση). Και τέλος η ρύθμιση του γίνεται με ένα απλό ισιο κατσαβίδι από το πάνω μέρος όπως φαίνεται στο σχήμα.



Εικόνα 6.28: Ρυθμιστής αντίστασης.

### *Το λογισμικό μέρος*

Για την ολοκλήρωση της κατασκευής χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά λογισμικά προγράμματα.

- ❖ Το λογισμικό Arduino

## ❖ Τη γλώσσα προγραμματισμού C και την C ++

Ο arduino διαθέτει από μόνος του το δικό του λογισμικό όπως προαναφέρεται και σε συνεργασία με την γλώσσα προγραμματισμού C (που αναφέρεται ακολούθως) προγραμματίζεται, είτε από ηλεκτρονικό υπολογιστή ή από άλλον arduino.

Εδώ φθάνουμε στο σημείο όπου δίνουμε ζωή στην κατασκευή μας. Με το λογισμικό κομμάτι κάνουμε την κατασκευή μας υπαρκτή , σε άλλη περίπτωση θα ήταν “άψυχη “ και άχρηστη αφού δεν θα εξυπηρετούσε κάποιο σκοπό.

### *Προγραμματισμός*

Στο σημείο αυτό θα κάνουμε μια μικρή αναφορά στον προγραμματισμό, δηλαδή στο τι είναι ο προγραμματισμός.

Προγραμματισμός είναι η διαδικασία συγγραφής, δοκιμής και αντιμετώπισης προβλημάτων, συντήρησης του πηγαίου κώδικα των προγραμμάτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ο πηγαίος κώδικας είναι γραμμένος σε μια γλώσσα προγραμματισμού. Ο κώδικας μπορεί να είναι μία βελτιωμένη έκδοση ενός ήδη υπάρχοντος προγράμματος ή κάτι εντελώς καινούργιο γραμμένο εξ αρχής.

Σκοπός του προγραμματισμού είναι η δημιουργία προγραμμάτων όπου θα συμπεριφέρονται όπως ακριβώς εμείς θέλουμε. Η διαδικασία εγγραφής του πηγαίου κώδικα χρειάζεται εξειδίκευση σε αρκετούς και διαφορετικούς τομείς. Οι οποίοι συμπεριλαμβάνουν γνώσεις δομών δεδομένων, γραφής αλγόριθμων κ.α. Η πρώτη μορφή προγραμματισμού μπορεί να θεωρηθεί ότι εμφανίστηκε τον 19<sup>ο</sup> αιώνα, όπου έχει κάνει μεγάλη εξέλιξη ως σήμερα.

### *Η γλώσσα προγραμματισμού*

Γλώσσα προγραμματισμού είναι μία τεχνική γλώσσα που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο συμπεριφοράς ενός μηχανήματος, συγκεκριμένα ενός υπολογιστή. Οι γλώσσες προγραμματισμού ορίζονται από συντακτικούς και σημασιολογικούς κανόνες, όπου περιγράφουν την δομή και το νόημα αντίστοιχα. Πολλές γλώσσες προγραμματισμού έχουν κάποια γραμμένα και προκαθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά όσων αφορά την σύνταξη τους και την σημασιολογία τους, κάποιες άλλες πάλι ορίζονται μόνο από μία επίσημη εφαρμογή.

Οι γλώσσες προγραμματισμού χρησιμοποιούνται για να διευκολύνουν την επικοινωνία σχετικά με τις εργασίες οργάνωσης και ελέγχου των πληροφοριών και να εκφράζουν με ακρίβεια διάφορους αλγορίθμους. Τέλος έχουν δημιουργηθεί πολλές γλώσσες προγραμματισμού και είναι δύσκολο να αναφέρει κανείς ποία είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη και γνωστή. Για εφαρμογές σε μηχανικούς π.χ. είναι η FORTRAN, η C είναι κατάλληλη σε ενσωματωμένες εφαρμογές και σε λειτουργικά συστήματα, και άλλες πολλές σε διαφορετικές χρήσεις και εφαρμογές.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και αρχές της δεκαετίας το 1970, ιδιαίτερα διαδεδομένη ήταν η γλώσσα C η οποία ακόμα παραμένει ιδιαίτερα δημοφιλής. Το 1980 έγινε στροφή και υιοθετήθηκαν οι επιπλέον γλώσσες προγραμματισμού όπως η C ++. Αργότερα το 1990 μέχρι και σήμερα, μαζί με την άνθηση του διαδικτύου, δημιουργήθηκαν νέες γλώσσες που είχαν σαν σκοπό την διαδικτυακή ανάπτυξη εφαρμογών για την χρήση μέσα στις σελίδες των διάφορων ιστοτόπων.

Η γλώσσα προγραμματισμού C είναι η γλώσσα που χρησιμοποιήσαμε για να γράψουμε τον κώδικα και να προγραμματίσουμε το arduino.

Η C είναι μία γενικής χρήσης διαδικαστική γλώσσα προγραμματισμού η οποία αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας 1970-1980 για να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη του λειτουργικού συστήματος UNIX. Σύμφωνα με την ομάδα που την ανέπτυξε η πιο δημιουργική περίοδος ήταν

το 1972. Ονομάστηκε C γιατί πολλά από τα χαρακτηριστικά της προέρχονται από μία παλαιότερη γλώσσα προγραμματισμού που λεγόταν B.

Από τότε χρησιμοποιείται ευρύτατα, και ιδιαίτερα για την ανάπτυξη προγραμμάτων συστήματος (system software) αλλά και για απλές εφαρμογές. Οι λόγοι της ραγδαίας ανάπτυξης της συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού είναι η ταχύτητα της, καθώς και το γεγονός ότι είναι διαθέσιμη στα περισσότερα σημερινά λειτουργικά συστήματα.

Η C όπως προαναφέραμε είναι μία διαδικαστική γλώσσα προγραμματισμού. Ανάμεσα στους σχεδιαστικούς στόχους που έπρεπε να καλύψει η γλώσσα περιλαμβανόταν το να μπορούσε να μεταγλωττιστεί άμεσα με τη χρήση ενιαίου προγραμματισμού τον compiler με άλλα λόγια, ότι θα απαιτούνταν μόνο ένας μικρός αριθμός από εντολές σε γλώσσα μηχανής για κάθε βασικό στοιχείο της, χωρίς εκτεταμένο χρόνο εκτέλεσης υποστήριξης. Ως αποτέλεσμα είναι δυνατό να γραφτεί κώδικας σε C σε χαμηλό επίπεδο προγραμματισμού με ακρίβεια ανάλογη της συμβολικής γλώσσας, στην πραγματικότητα, η C ορισμένες φορές αποκαλείται φορητή διάταξη.

## 6.5 Μέθοδος κατασκευής

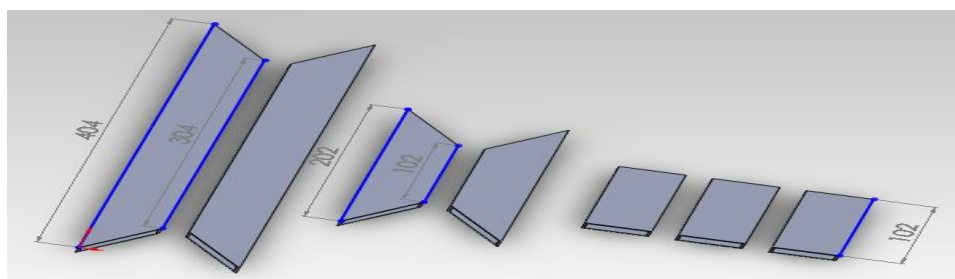
### *Το κατασκευαστικό μέρος*

#### Βήμα 1<sup>ο</sup>

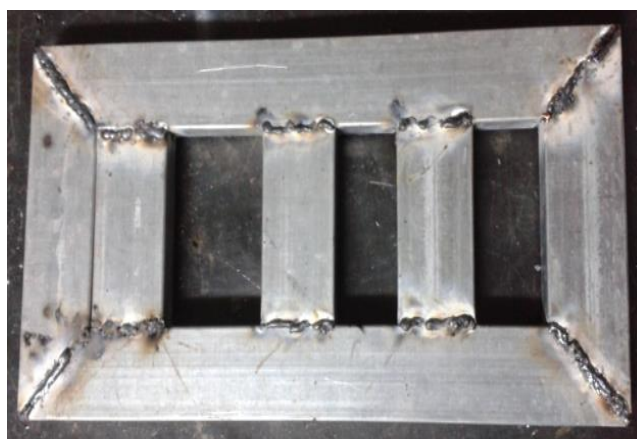
Αρχικά κόβουμε δύο τεμάχια από τον κοιλοδοκό που προαναφέραμε σε γωνία 45 μοίρες με εξωτερικό μήκος 404 mm και εσωτερικό μήκος 304 mm εικόνα 6.29.α. Στην συνέχεια κόβουμε άλλα δύο τεμάχια από τον ίδιο κοιλοδοκό σε γωνία 45 μοίρες με εξωτερικό μήκος 202 mm και εσωτερικό μήκος 102 mm σχήμα 6.29.α.. Τα τέσσερα κομμένα τεμάχια από τον κοιλοδοκό τα τοποθετούμε σε σχήμα ορθογωνίου και μη την ηλεκτροσυγκόλληση κάνουμε την κόλληση μεταξύ τους και έτσι δημιουργούμε μία τετράγωνη βάση. Για πιο εύχρηστη βάση αφού εκεί πάνω θα τοποθετηθούν κάποια από τα εξαρτήματα μας, και για την πιο ισχυρή συγκράτηση της και την αποφυγή στρέβλωσης κόβουμε τρία επιπλέον



κομμάτια μήκους 102 mm από τον κοιλοδοκό σχήμα 6.29.α. και τα τοποθετούμε ανάμεσα στο ορθογώνιο σε σημεία που είναι απαραίτητα για να αποτελέσουν την στήριξη άλλων εξαρτημάτων. Με την ηλεκτροσυγκόλληση κολλάμε τα τρία αυτά κομμάτια και δημιουργούμε μία ενιαία βάση εικόνα 6.29.β. Τελευταία επεξεργασία του κομματιού αυτού είναι το τρίψιμο με ειδικό τροχό για την αφαίρεση των υπολειμμάτων από την ηλεκτροσυγκόλληση και για την λείανση της επιφάνειας. Ακόμα το άνοιγμα οπών για σύνδεση με τα ποδαρικά που θα έχει η κατασκευή. Εικόνα 6.30.γ.



Εικόνα 6.29.α: Κομμάτια βάσης.



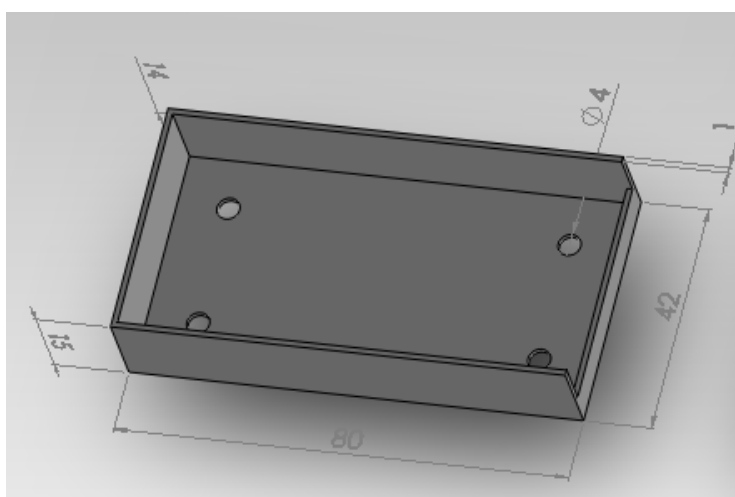
Εικόνα 6.29.β: Βάση όταν ηλεκτροσυγκολλήθηκε.



Εικόνα 6.29.γ: Οπές για την σύνδεση των ποδαρικών.

## Βήμα 2°

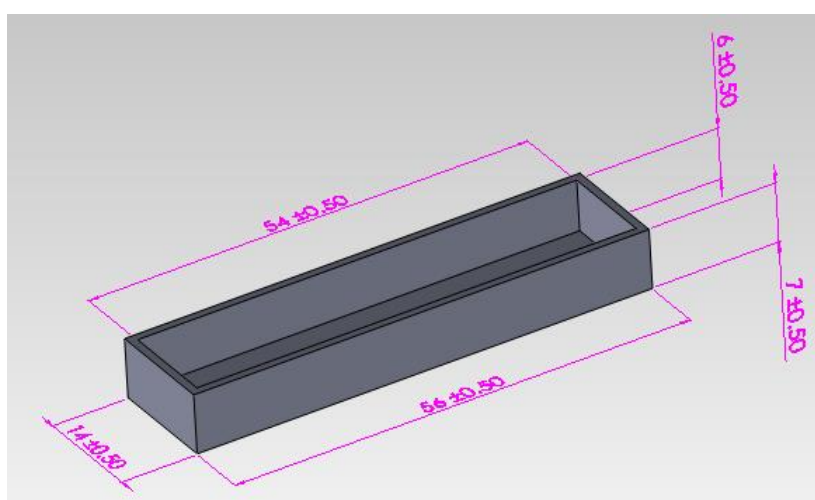
Στο επόμενο βήμα από τη λαμαρίνα INOX ενός χιλιοστού που χρησιμοποιούμε κόβουμε με ειδική ψαλίδα στις επιθυμητές διαστάσεις ένα κομμάτι. Τοποθετούμε το κομμάτι σε μέγγενη συγκράτησης για την σταθεροποίηση του και πιέζοντας στα τέσσερα άκρα του και μέχρι τα πιεζόμενα αυτά κομμάτια να στραφούν σε γωνία 90 μοιρών. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούμε την βάση του μικροϋπολογιστή arduino. Εικόνα 6.30.



Εικόνα 6.30: Βάση arduino.

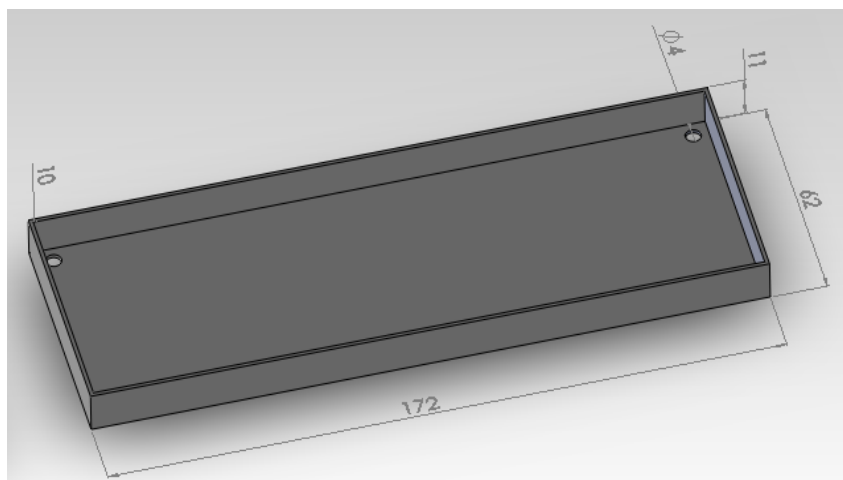
Ακόμα από την ίδια λαμαρίνα INOX ενός χιλιοστού κόβουμε με ειδική την ειδική σε διαφορετικές διαστάσεις δηλαδή ικανοποιητικές των αναγκών

μας για να φτιάξουμε την βάση για τον αισθητήρα βάρους. Στην εικόνα 6.31. με τον ίδιο ακριβώς τρόπο φτιάχνουμε και αυτήν την βάση, βάζουμε δηλαδή το κομμάτι μας στην μέγγενη συγκράτησης σταθεροποιώντας το και πιέζοντας το σχηματίζουμε παράλληλα το κομμάτι που θέλουμε να στραφεί κατά 90 μοίρες, μέχρι αυτό να πάει την τελική του μορφή όπου θα είναι έτοιμη η τελική μας βάση.



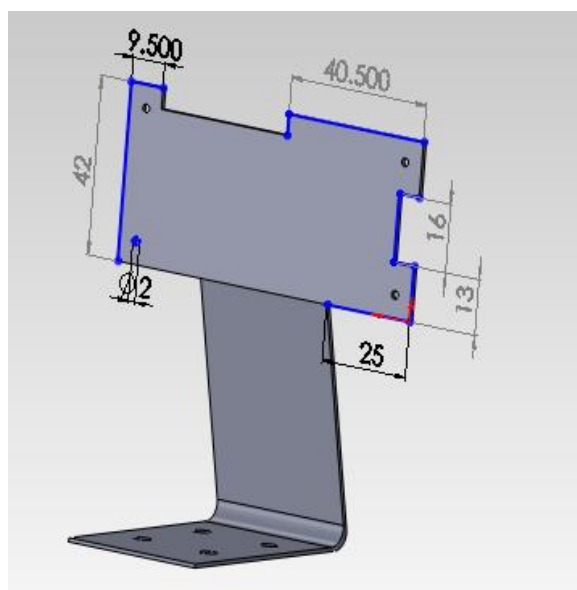
Εικόνα 6.31: Βάση καθίσματος

Επιπλέον χρήση της λαμαρίνας INOX ενός χιλιοστού κάνουμε και στην βάση για την τοποθέτηση του breadboard. Κόβουμε με την ειδική ψαλίδα και εδώ ένα κομμάτι λαμαρίνας στις διαστάσεις που θέλουμε μεγαλύτερο δηλαδή από τις διαστάσεις του breadboard για να έχουμε και τα περιθώρια δημιουργίας γωνίας και επιπλέον κομματιού που θα απομείνει για τα όρθια μέρη της βάσης. Τοποθετούμε το συγκεκριμένο κομμάτι για σταθερή συγκράτηση στην μέγγενη, έτσι πιέζουμε τα σημεία που θέλουμε και δημιουργούνται ορθές γωνίες και η βάση τοποθέτησης του breadboard είναι έτοιμη. Εικόνα 6.32.



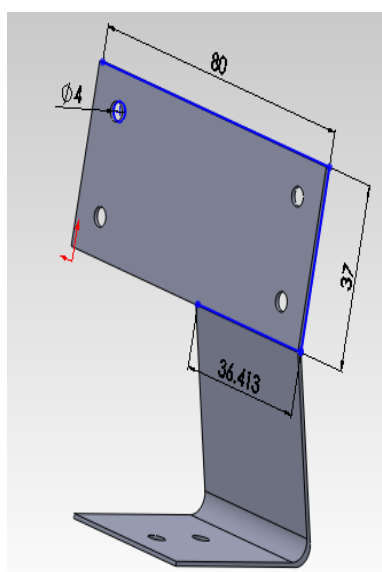
Εικόνα 6.32: Βάση breadboard

Με την ίδια λαμαρίνα INOX ενός χιλιοστού φτιάξαμε και την βάση στήριξης την οθόνης . Πήραμε την λαμαρίνα την κόψαμε με την ειδική ψαλίδα στις διαστάσεις που ικανοποιούν την κατασκευή και ενιαίο κομμάτι της λαμαρίνας κόπηκε σε διαστάσεις και σχήμα ικανό για την στήριξης της συγκεκριμένης βάσης με βίδες πάνω στην αρχική μας βάση, εικόνα 6.33. Στην βάση στήριξης της οθόνης δημιουργήσαμε οπές 2,5 mm για να είναι δυνατή η συγκράτηση της οθόνης πάνω της. Ακόμα σχεδιάστηκε ώστε να ικανοποιεί την λειτουργία της μέσω καλωδίων.



Εικόνα 6.33: Βάση οθόνης

Ένα ακόμα μέρος του βήματος αυτού είναι η κατασκευή βάσης των ενδεικτικών φωτισμών LED. Εικόνα 6.34. Με την ίδια λαμαρίνα INOX πάχους ενός χιλιοστού κόψαμε με την ειδική ψαλίδα το σχήμα και διαστάσεις που μας εξυπηρετούσαν κατασκευαστικά. Έχουμε και εδώ κόψει ενιαίο κομμάτι που θα αποτελεί το σημείο στήριξης με βίδες την βάση των LED με την αρχική μας βάση, Εικόνα 6.29.



Εικόνα 6.34: Βάση led

Μέρος αυτού του βήματος είναι η κατασκευή βάσης του αισθητήρα αλκοόλης. Κόψαμε από ράβδο INOX 6 χιλιοστά σε μήκος 141 χιλιοστά και στα 35 χιλιοστά της δημιουργήσαμε γωνία 35 μοίρες.

Τέλος αυτού του βήματος έχουμε την κατασκευή ράβδων στήριξης προς το έδαφος της βάσης της εικόνας 6.04.α.β. Πήραμε διάδρομο αλουμινίου τον κόψαμε δυο τεμάχια στα 200 mm στις διαστάσεις που χιαζόμαστε δηλαδή λίγο πιο μικρή από το πλάτος της βάσης εικόνα 6.04, για καλύτερη ισορροπία. Στην συνέχεια ανοίξαμε οπές σε ταυτόσημες διαστάσεις και διαμέτρου όπως εκείνων της βάσης της εικόνας 6.28.γ, για να κάνουμε την συγκράτηση μεταξύ των κομματιών.

### Βήμα 3<sup>ο</sup>

Σε αυτό το βήμα κάνουμε την αρχή από το τελευταίο μέρος του προηγούμενου βήματος. Αρχίζουμε την συναρμολόγηση όλων των προηγούμενων εξαρτημάτων. Τοποθετούμε τους δυο ράβδους στήριξης στο κάτω μέρος της βάσης μας όπου αποτελούν όπως προαναφέραμε την στήριξη της βάσης ως προς το έδαφος. Η ένωση αυτή γίνεται με τρεις βίδες χαλκού, εικόνα 6.06, ο λόγος που χρησιμοποιούμε αυτές τις βίδες είναι ότι έχουν την απαιτούμενη διάμετρο, μήκος και βάθος σπειρώματος που θέλουμε. Ένας ακόμα σοβαρός λόγος που επιλέξαμε τις συγκεκριμένες βίδες είναι η μικρή διάμετρος κεφαλής τους σε σχέση με την διάμετρο του σπειρώματος τους και να μπορεί να περάσει η κεφαλή μέσα στην οπή της κεφαλής αφού εδώ είναι η ο διάδρομος της ράβδου.

Στην συνέχεια αυτού του βήματος αφού γυρίσουμε σε κανονική θέση την βάση μας, να στηρίζεται ως προς το έδαφος με τους ράβδους όπου αποτελούν και τα ποδαρικά της κατασκευής, αρχίζουμε να τοποθετούμε την κάθε μικρή βάση που θα στηρίζει τους μηχανισμούς του συστήματος μας. Η αρχή τοποθέτησης είναι η βάση στήριξης μέσω σφικτήρα του αισθητήρα αλκοόλης. Για να αποφύγουμε την ολίσθηση του αισθητήρα επάνω στην βάση λόγο της λείανσης που έχει ο βάση τοποθετούμε δύο ειδικές τσιμούχες. Η βάση αυτή θα ενωθεί με ηλεκτροσυγκόλληση με την σταθερή μας βάση.

Στο επόμενο σημείο τοποθετούμε την βάση στήριξης των LED πάνω στην βάση μας. Η σύνδεση αυτή θα γίνει με 2 τρυπανόβιδες κατευθείαν πάνω στην βάση χωρίς να έχει προηγηθεί η δημιουργία οπών. Αυτό το κάνουμε για να έχουμε καλή σύσφιξη, αφού η λαμαρίνα είναι ενός μόνο χιλιοστού και 2 χιλιοστών το πάχος του κοιλοδοκού, όπου δεν είναι αρκετά τα δυο αυτά πάχη για την δημιουργία σπειρώματος για μια καλή συγκράτηση. Ακόμα εδώ δεν μας εμποδίζει κάπου η μεγάλη διάμετρος της κεφαλής της τρυπανόβιδας, αντιθέτως μας εξυπηρετεί γιατί δεν χρειάζεται να βάλουμε και ροδέλα.

Ο ίδιος ακριβώς τρόπος γίνεται και για την σύσφιξη της βάσης στήριξης της οθόνης πάνω στην αρχική μας βάση. Χρησιμοποιούμε και εδώ τέσσερες τρυπανόβιδες για την ένωση και συγκράτηση των δύο εξαρτημάτων.

Δεν αποτελεί διαφορά ο τρόπος συγκράτησης της βάσης στήριξης του μικροϋπολογιστή ( arduino) πάνω στην αρχική μας βάση σε σχέση με τις δύο προηγούμενες βάσεις. Έχουμε και εδώ χρησιμοποιήσει τέσσερες τρυπανόβιδες από μία σε κάθε γωνία της βάσης. Για την ευθεία τοποθέτηση και την μη επαφή του μικροϋπολογιστή με μεταλλική επιφάνεια όπως και για την κάλυψη από της βίδες συγκράτησης, κολλήσαμε λάστιχο ενός χιλιοστού στο κάτω μέρος της βάσης.

Ίδιος είναι και ο τρόπος σύνδεσης της βάσης του breadboard με την βάση μας. Χρησιμοποιήσαμε και εδώ τέσσερες τρυπανόβιδες από μία σε κάθε γωνία της βάσης και κάναμε κατευθείαν συγκράτηση. Για να μπορεί το breadboard να είναι σε οριζόντια θέση τοποθετήσαμε και εδώ κολλώντας το με κόλλα ένα χιλιοστό λάστιχο στο κάτω μέρος της βάσης. Εκεί πάνω κολλήσαμε το breadboard αφού στο κάτω μέρος του έχει αυτοκόλλητο.

Διαφορετικός είναι ο τρόπος συγκράτησης της βάσης στήριξης του αισθητήρα βάρους αφού αποτελεί κάποια εξαίρεση λόγο μικρού μεγέθους. Εδώ κολλάμε την βάση με κόλλα, στην συνέχεια κολλάμε λάστιχο στο κάτω μέρος τις βάσης για τους λόγους που έχουν αναφερθεί και στις προηγούμενες περιπτώσεις. Οι βάσεις που αναφέραμε ως εδώ εκτός εκείνης της βάσης του αισθητήρα αλκοόλης που έγινε με ηλεκτροσυγκόλληση, επιλέχθηκε αυτός ο τρόπος γιατί όπως αναφέρεται ποιο πριν δεν έχουμε αρκετά πάχη των συναρμολογούμενων μερών για την δημιουργία σπειρώματος για γερή συγκράτηση. Και ο τρόπος με ηλεκτροσυγκόλληση είναι αδύνατος γιατί η λαμαρίνα που είναι ένα χιλιοστό είναι πολύ λεπτό και λιώνει με αποτέλεσμα την δημιουργία τρύπας.

Τέλος για αυτό το βήμα έχουμε την τοποθέτηση κομματιού από σίδηρο, εικόνα 6.10, για να μπορεί να έχει σταθερό μέρος στήριξης ο αισθητήρας και να είναι σε διαφορετικό ύψος ώστε το τοποθετούμε βάρος να στηρίζεται όλο εκεί πάνω, δηλαδή αντικαθιστά το κάθισμα του οχήματος

### *Το ηλεκτρικό μέρος*

#### **ΒΗΜΑ 1<sup>ο</sup>**

Αρχικά τοποθετούμε το breadboard πάνω στην βάση του και το κολλάμε με το αυτοκόλλητο που διαθέτει στο πίσω μέρος του. Το breadboard όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως, είναι ένας πίνακας που μας διευκολύνει για να συνδέσουμε συσκευές όταν είναι πολλές η κάθε μία για διαφορετική λειτουργία ή για συνεργασία αυτών.

Έπειτα τοποθετούμε το αισθητήρα βάρους στην βάση του. Στην συνέχεια τοποθετούμε τον μικροϋπολογιστή arduino στην βάση του και στην συνέχεια με σφικτήρα πρόσδεσης και κόλλα κάνουμε συγκράτηση του αισθητήρα αλκοόλης πάνω στην βάση που του ορίσαμε.

Πάνω στην βάση από λαμαρίνα που έχουμε για τα LED έχουμε μια πλαστική βάση (εικόνα 6.11) με οπές για την συγκράτηση των LED και του ηχείου αλλά και τέσσερες οπές για την στήριξης της πλαστικής βάσης πιο μπροστά από την μεταλλική βάση όπου θα γίνει και εδώ με βίδες (εικόνα 6.05.α) και παξιμάδια (εικόνα 6.07.α) καθώς και την χρήση ροδελών (εικόνα 6.08), ώστε να έχουμε ελεύθερο χώρο για την σύνδεση μέσω καλωδίων .

Όπως ακριβώς και προηγουμένως, έτσι και εδώ θα γίνει η τοποθέτηση της οθόνης πάνω στην βάση της με βίδες (εικόνα 6.05.β) παξιμάδια (εικόνα 6.07) και ροδέλες της εικόνας 6.08, η επιλογή του συγκεκριμένου τρόπου έγινε για την δυνατότητα μετακίνησης ή και αποσυναρμολόγησης των συσκευών σε περίπτωση που χρειαστεί.

#### **ΒΗΜΑ 2<sup>ο</sup>**

Στο βήμα αυτό θα δούμε την σύνδεση των ηλεκτρονικών μερών της κατασκευής.

Ο αισθητήρας βάρους για την λειτουργία του απαιτεί την σύνδεση δυο καλωδίων. Έχουμε το ένα του άκρο (δεν μας ενδιαφέρει ποιο στο συγκεκριμένο αισθητήρα) όπου συνδέεται με το **γκρι** καλώδιο σε μία



ηλεκτρονική πόρτα του πίνακα breadboard, στο σημείο αυτό παρεμβάλλεται μία αντίσταση 27 ΚΩ και από εκεί με το **κόκκινο** καλώδιο πάμε στον arduino θέση [A5] ANALOG. Το άλλο άκρο του αισθητήρα το συνδέουμε με το **κίτρινο** καλώδιο στον αρνητικό πόλο του πίνακα breadboard. Έτσι λοιπόν παίρνουμε από το **κόκκινο** καλώδιο μια μεταβλητή τάση που μέσω αυτού μεταφέρεται στον arduino. Ο arduino κάνει την επεξεργασία του σήματος και βάση του προγραμματισμού μας εξάγει στην οθόνη το κατάλληλο μήνυμα για να προχωρήσει η διαδικασία, καθώς επίσης και την μετρούμενη τιμή έκαστος με ένα ποσοστό προς τα πάνω ή προς τα κάτω.

Για το breadboard δεν χρειάζεται να αναφέρουμε κάτι ή κάποια συγκεκριμένη συνδεσμολογία αφού αποτελεί σταθμό σύνδεσης πολλών συσκευών. Πολλά καλώδια (έρχονται και φεύγουν) αφού κάνει την γέφυρα όλων αυτών.

Η συνδεσμολογία αναφέρεται σύμφωνα με την σειρά λειτουργίας της κατασκευής. Την αρχή της λειτουργίας ολοκληρης της κατασκευής την κάνουμε με το μπουτόν. Αυτό συνδέεται με το **μπλε** καλώδιο το ένα του άκρο στον arduino θέση [12] DIGITAL, και το άλλο του άκρο με το **κίτρινο** καλώδιο στον αρνητικό πόλο του πίνακα breadboard. Συνέχεια της σύνδεσης έχει το λευκό LED. Το λευκό LED το ένα του άκρο με το **κίτρινο** καλώδιο συνδέεται στον πίνακα breadboard και από εκεί με άλλο **κίτρινο** καλώδιο στον arduino θέση [10] DIGITAL. Το άλλο το άκρο με το άλλο **κίτρινο** καλώδιο συνδέεται στον breadboard και στο σημείο αυτό γίνεται σύνδεση με τον αρνητικό πόλο του πίνακα όπου και παρεμβάλλεται και μια αντίσταση 330 ΜΩ.

Ο αισθητήρας αλκοόλης μας εξάγει έξι πόλους όπου αυτοί χωρίζονται σε δύο μέρη από τρεις αντίστοιχα όπου όπια και να είναι η επιλογή μας δεν θα έχουμε πρόβλημα. Στην κάθε μια τριάδα οι δύο ακραίοι ονομάζονται [A] και [B] αντίστοιχοι στην μέση έχουμε μία γείωση και τοποθετώντας τον αισθητήρα πάνω στην βάση του σχήμα 6.2.2.3.β. παίρνουμε της ενδείξεις [A1] και [B1] όπου τις βραχυκυκλώνουμε (γιατί θέλουμε μία έξοδο). Στην συνέχεια αφού έχουμε τοποθετήσει αντίσταση 330 kΩ στην μια μεριά, από το [A1] και το [B1] συνδέουμε με τα **πράσινα** καλώδια το άκρο στον breadboard όπου γίνεται

γέφυρα μεταξύ των δύο (ηλεκτρικών σειρών) στον πίνακα breadboard, και από εκεί με το **μoβ** καλώδιο στον θετικό πόλο του. Από την έξοδο του GND με το **κίτρινο** καλώδιο πάμε στον πίνακα και από την ίδια διαδρομή με το **καφέ** καλώδιο οδηγούμαστε στον αρνητικό πόλο του πίνακα. Τέλος για αυτήν τη σύνδεση με το **μπλε** καλώδιο οδηγούμαστε σε διπλανή διαδρομή όπου από εκεί με το λευκό καλώδιο μεταφερόμαστε σε μια δεύτερη ηλεκτρική σειρά όπου το **καφέ** καλώδιο μας οδηγεί στην θέση [A1] ANALOG του arduino.

Η συνέχεια της διαδικασίας αυτής δίνεται από τις εξόδους που μας δίνει ο arduino με σύνδεση μέσω καλωδίου που γίνεται προς την οθόνη που θα μας ενημερώνει για την τιμή που έλαβε ο αισθητήρας αν είναι στα επιτρεπτά όρια ή εκτός αυτών. Ακόμα την δεδομένη αυτή στιγμή έχουμε άλλες τέσσερες εξόδους από τον arduino. Αναλόγως το αποτέλεσμα της διαδικασίας θα έχουμε και τις δυο από της τέσσερες κάθε φορά εξόδους. Στην περίπτωση που βρισκόμαστε μέσα στα επιτρεπτά όρια αλκοόλης τότε εξάγεται σήμα στο **πράσινο** led μέσω των **πράσινων** καλωδίων που συνδέονται στον πίνακα και από εκεί με ένα **πράσινο** καλώδιο στον arduino στην θέση [2] DIGITAL, το άλλο άκρο που παρεμβάλετε και μία αντίσταση 330 MΩ συνδέεται στον αρνητικό πόλο του πίνακα. Ταυτόχρονα στο ηχείο μέσω του **μπλε** και **μoβ** καλωδίου οδηγείται το ένα του άκρο στο arduino θέση [11] DIGITAL, το άλλο άκρο του συνδέεται με το **γκρι** και λευκό καλώδιο στον αρνητικό πόλο του πίνακα breadboard. Στην περίπτωση που βρισκόμαστε εκτός επιτρεπτών ορίων τότε εξάγεται σήμα στο **κόκκινο** led μέσω των **κόκκινων** καλωδίων όπου συνδέονται στο πίνακα και από εκεί το ένα άκρο του με το **πορτοκαλί** καλώδιο συνδέεται στο arduino θέση [3] DIGITAL, το άλλο του άκρο όπου και εδώ παρεμβάλλεται αντίσταση 330 MΩ συνδέετε στην γείωση του πίνακα. Ταυτόχρονα διαφορετικά αυτή την φορά, έχουμε σήμα στο ηχείο μέσω του ίδιου καλωδίου με πριν με την μόνη διαφορά τώρα να έχουμε διαφορετική διάρκεια. Θα μιλήσουμε και στην συνέχεια για την σύνδεση αυτών.

Η οθόνη η επαφή [1] συνδέεται με το **κόκκινο** καλώδιο στον θετικό πόλο του breadboard και με το **μαύρο** καλώδιο επαφή [2] στον αρνητικό πόλο του breadboard για να έχουμε την δημιουργία κυκλώματος. Ακόμα έχουμε την

επαφή [3] όπου με το **μαύρο** καλώδιο μεταφέρεται στον πίνακα στην θέση που είναι το **κίτρινο** καλώδιο του ποτενσιομέτρου που θα μπορούμε να ρυθμίσουμε τον φωτισμό της οθόνης. Η επαφή [4] με το λευκό καλώδιο συνδέεται στον arduino θέση [8] DIGITAL. Η επαφή [6] με το **μπλε** καλώδιο συνδέεται στον arduino θέση [9] DIGITAL. Η επαφή [11] με το **μαύρο** καλώδιο συνδέεται στον arduino θέση [4] DIGITAL. Η επαφή [12] με το **μαύρο** καλώδιο συνδέεται στον arduino θέση [5] DIGITAL. Η επαφή [13] με το **μπλε** καλώδιο συνδέεται στον arduino θέση [6] DIGITAL. Η επαφή [14] με το **μπλε** καλώδιο συνδέεται στον arduino θέση [7] DIGITAL. Η επαφή [15] με το **κίτρινο** καλώδιο συνδέεται στον πίνακα breadboard όπου παρεμβάλλεται αντίσταση 100Ω/2w στην γέφυρα που γίνεται με το **γκρι** καλώδιο στο θετικό πόλο του πίνακα. Και τέλος για την οθόνη η επαφή [16] με το **μαύρο** καλώδιο συνδέεται στον αρνητικό πόλο του πίνακα.

Ακόμα αναφορά θα πρέπει να κάνουμε στο ποτενσιόμετρο όπου χρησιμοποιείται όπως προαναφέρεται για τον φωτισμό της οθόνης. Η σύνδεση αυτού γίνεται με το **πράσινο** καλώδιο στον αρνητικό πόλο του πίνακα breadboard, με το **πορτοκαλί** καλώδιο στον θετικό πόλο του πίνακα breadboard και με το **κίτρινο** καλώδιο που έχει αναφερθεί και πάλι στην αντίστοιχη ηλεκτρική σειρά που είναι συνδεδεμένη η αντίστοιχη επαφή της οθόνης. Το ηχείο όπως αναφέραμε και ποιο πριν συνδέεται με το **γκρι** και λευκό καλώδιο με τον αρνητικό πόλο του breadboard και με το καλώδιο **μοβ** και **μπλε** συνδέεται με την έξοδο του arduino που του έχουμε ορίσει, αφού έτσι δημιουργούμε ένα κύκλωμα: ηχείο –αρνητικός πόλος breadboard - θετικός πόλος breadboard – arduino - ηχείο. Έχει οριστεί να διαφορετική έξοδος κάθε φορά, θα ταυτίζεται με το **πράσινο** led εντός ορίου και διαφορετική έξοδος που ταυτίζεται με το **κόκκινο** led εκτός ορίου και ποτέ δεν θα έχουμε την ταύτιση των δύο αυτών.

Τα led συνδέονται όλα με των ίδιο τρόπο. Από την μία τους άκρη στον αρνητικό πόλο του breadboard όπου ενδιάμεσα έχουμε και μία αντίσταση 330 MΩ όπως ορίζεται από τον κατασκευαστή τους. Η άλλη τους άκρη μέσω καλωδίου συνδέεται με τον arduino. Έχουμε και εδώ το εξής κύκλωμα: Το ένα

άκρο του συνδέεται στον αρνητικό πόλο του breadboard που παρεμβάλλεται και μία αντίσταση όπως προαναφέραμε, και το άλλο του άκρο μέσω καλωδίου στην έξοδο του arduino που του έχουμε ορίσει. Τα led όπως ξανά αναφέραμε έχουν ακριβώς τον ίδιο τρόπο σύνδεσης όλα με την μόνη διαφορά ότι το καθένα θα από αυτά θα ανάψει σε διαφορετική περίπτωση.

Τέλος έχουμε την σύνδεση το arduino με τον breadboard με το **κόκκινο** καλώδιο συνδέουμε την πηγή 5 V στον θετικό και το GND με το **μαύρο** καλώδιο στον αρνητικό πόλο αντίστοιχα για να κλείσουμε κύκλωμα. Ακόμα έχουμε την είσοδο όπου στην περίπτωση μας έχουμε δυο αναλογικές εισόδους, από τον αισθητήρα βάρους και τον αισθητήρα αλκοόλης. Επίσης έχουμε τέσσερες εξόδους στην κατασκευή μας μία για κάθε led και μία για τον ηχείο. Ολοκληρώνοντας για τον arduino, διαθέτει μια θύρα usb 2 όπου από εκεί γίνεται ο προγραμματισμός του με καλώδιο από ηλεκτρονικό υπολογιστή και αποθηκεύεται στην μνήμη του το πρόγραμμα. Μετά την ολοκλήρωση του προγραμματισμού του έχουμε δυο επιλογές είτε να συνεχίσουμε να εκτελούμε την διαδικασία μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή είτε να αφαιρέσουμε αυτή την σύνδεση και να τον συνδέσουμε με τροφοδοσία από διπλανή θύρα που διαθέτει με μπρίζα 220V.

#### *Το λογισμικό μέρος*

Στην πορεία κατασκευής του λογισμικού μέρους αναγράφονται οι κώδικες που δημιουργήθηκαν στην γλώσσα προγραμματισμού Python και στην γλώσσα προγραμματισμού C, για την αναγνώριση προσώπου οδηγού και την διαδικασία ελέγχου νηφαλιότητας του, αντίστοιχα, και αντιστοίχως προγραμματίστηκε ο arduino στο δικό του λογισμικό να κάνει αυτό που του ζητάμε. Στην εικόνα 6.35 φαίνεται έτοιμη η κατασκευή και πώς προγραμματίζεται όπως έχουμε προαναφέρει από ηλεκτρονικό υπολογιστή.



Εικόνα 6.35: Ολοκληρωμένο σύστημα προς χρήση

#### *Γλώσσα προγραμματισμού Python*

```
import os
import cv2
import numpy as np

if __name__ == "__main__":
    # Cam Fonts
    font = cv2.FONT_HERSHEY_COMPLEX_SMALL
    fontscale = 1
    fontcolor = (255,255,255)
    modelPath = r"C://Users/User/Desktop/Recon/models/13_4/model-R_2
    N_8-G_8.yaml"
    recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()#radius = 2,
    neighbors = 8, grid_x = 8, grid_y = 8)
    recognizer.read(modelPath)

    face_cascade =
    cv2.CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml')
    eyes_cascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_eye.xml')
    scale, neighbors, minsize = 1.7, 7, [100,100]
    IDS, CONFS = [], []
```

```
video_capture = cv2.VideoCapture(0)
while True:

    ret, img = video_capture.read()
    gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    faceIndexes = face_cascade.detectMultiScale(gray, minSize = minsize,
        scaleFactor = scale, minNeighbors = neighbors)
    for (x,y,w,h) in faceIndexes:
        face = np.array(gray[y:y+h, x:x+w])
        eyes = eyes_cascade.detectMultiScale(gray[y:y+h, x:x+w])
        cv2.rectangle(img,(x,y),(x+w,y+h),(255,0,0),2)

        if len(eyes) == 2:
            right_eye, left_eye = (eyes[0], eyes[1]) if eyes[0][0] < eyes[1][0]
        else (eyes[1],eyes[0])
        # Unpack Eyes
        lx,ly,lw,lh = left_eye
        rx,ry,rw,rh = right_eye
        # Find center of eyes
        center_R = list(map(int,(rx + rw/2 + x , ry + rh//2 + y )))
        center_L = list(map(int,(lx + lw/2 + x, ly + lh //2 + y )))

        # Calculate the radius of the angle of the tilted face
        eyeXdis = center_L[0] - center_R[0]
        eyeYdis = center_L[1] - center_R[1]
        if eyeXdis != 0:
            angle_rad = np.arctan(eyeYdis / eyeXdis)
            # convert rad to degree
            angle_degree = angle_rad * 180 / np.pi
            # Center of Image
            image_center = tuple(np.array(face.shape) / 2)
            # Rotation Matrix
            rot_mat = cv2.getRotationMatrix2D(center = image_center,angle
                = angle_degree, scale = 1.0)
            # rotate face
            face = cv2.warpAffine(face, rot_mat,face.shape,
                flags=cv2.INTER_LINEAR)
            cv2.rectangle(img, (lx + x , ly + y ), (lx + lw + x, ly + lh + y ),
                (0,255,255),2 )
            cv2.rectangle(img, (rx + x , ry + y), (rx + rw + x , ry + rh + y), (0, 0,
                255),2 )
            cv2.line(img,center_R, center_L, (255,0,0), 2)
            cv2.rectangle(img,(x,y),(x+w,y+h),(255,0,0),2)
            id,confidence = recognizer.predict(face)
            IDS.append(id)
            CONFs.append(confidence)
```

```
if len(IDS) > 11: IDS.pop(0)
if len(CONFS) > 11: CONFS.pop(0)
text = ""
if len(set(IDS)) == 1 and sum(CONFS) / len(CONFS) < 35:
    text = f"Identified User: {set(IDS)}"
else:
    text = "Not enough confidence for user authentication"
print(id,confidence)
cv2.putText(img, text, (30,30), font,fontscale,fontcolor)

# if id == 0 and confidence < 40:
#     text = "Welcome"
# else:
#     text = "User Unknown"
#cv2.putText(img,str(text),(x,y+h),font,fontscale,fontcolor)

#else:
    cv2.imshow('img', img)
    k = cv2.waitKey(30) & 0xff
    if k == 27:
        break
video_capture.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

### *Γλώσσα προγραμματισμού C*

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <TimerOne.h>
//DEFINITIONS
#define RIGHT      1
#define UP        2
#define DOWN      3
#define LEFT      4
#define SELECT    5
#define NO_KEY    255
#define S         246
#define TH        242
#define FE        0
#define PS        1
#define OM        2
#define G         3
#define D         4
#define L         5
#define KS        6
```

```
#define P          7
#define alcoholSensor  A1
#define weightSensor  A5
#define startButton   22
#define BUZZER_PIN    11
#define whiteLed      10
#define greenLed      2
#define redLed        3
byte FI[8] = {
    B01110,
    B10101,
    B10101,
    B10101,
    B01110,
    B00100,
    B00100,
    B00000
}
byte PSI[8] = {
    B10101,
    B10101,
    B10101,
    B01110,
    B00100,
    B00100,
    B00100,
    B00000
}
byte OMEGA[8] = {
    B01110,
    B10001,
    B10001,
    B10001,
    B01110,
    B00000,
    B11111,
    B00000
}
byte GAMMA[8] = {
    B11111,
    B10000,
    B10000,
    B10000,
    B10000,
    B10000,
    B10000,
    B00000
}
byte DELTA[8] = {
    B00100,
```



```
    B01010,  
    B10001,  
    B10001,  
    B10001,  
    B10001,  
    B11111,  
    B00000  
byte LAMDA[8] = {  
    B00100,  
    B01010,  
    B10001,  
    B10001,  
    B10001,  
    B10001,  
    B10001,  
    B10001,  
    B00000  
byte KSI[8] = {  
    B11111,  
    B00000,  
    B00000,  
    B01110,  
    B00000,  
    B00000,  
    B11111,  
    B00000  
byte PEE[8] = {  
    B11111,  
    B10001,  
    B10001,  
    B10001,  
    B10001,  
    B10001,  
    B10001,  
    B00000  
const byte ANALOG_KEYS = A0;//  
byte lcdNumCols = 16; // -- number of columns in the LCD  
int adcKeyIn;  
int NUM_KEYS = 6;  
int key=-1;  
int oldKey=-1;  
int adcKeyVal[6] = {0, 140, 320, 490, 730, 1023 };//{0, 142, 327, 503, 739,  
1023 };  
const int DEBOUNCE_DELAY = 50;  
int secCounter = 0;  
float alcoholValue = 0;  
float weightValue = 0;
```

```
boolean weightZero = 0;
#define weightMin  weightValue - (weightValue*10/100)
#define weightMax  weightValue + (weightValue*10/100)
//VARIABLES, CONSTANTS
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);//
//SETUP
void setup()
lcd.begin(16,2);
Serial.begin(9600);
pinMode(alcoholSensor, INPUT);
pinMode(weightSensor, INPUT);
pinMode(startButton, INPUT);
pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
pinMode(whiteLed, OUTPUT);
pinMode(greenLed, OUTPUT);
pinMode(redLed, OUTPUT);
digitalWrite(greenLed, LOW);
digitalWrite(redLed, LOW);
digitalWrite(whiteLed, LOW);
beepBuzzer(1150,200);
lcd.createChar(0, FI);
lcd.createChar(1, PSI);
lcd.createChar(2, OMEGA);
lcd.createChar(3, GAMMA);
lcd.createChar(4, DELTA);
lcd.createChar(5, LAMDA);
lcd.createChar(6, KSI);
lcd.createChar(7, PEE);
Timer1.initialize(1000000); //
Timer1.attachInterrupt( timer1_ISR ); // attach the service routine here
splashScreen();
//LOOP
void loop()
switch (getKeyDebounce())
case SELECT:
beepBuzzer(1150,25);
beginSequence();
if(weightZero == true)
measureSequence();
break;
//FUNCTIONS
void beginSequence()
lcd.clear();
digitalWrite(greenLed, LOW);//pin 26
digitalWrite(redLed, LOW);//pin 27
digitalWrite(whiteLed, HIGH); //Αναψε το άσπρο LED, ξεκινά η μέτρηση 25
```

```
lcd.print(" TO"); lcd.write(P); lcd.print("O"); lcd.write(TH); lcd.print("ETH");  
lcd.write(S); lcd.print("TE TO ");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("  BAPO"); lcd.write(S); lcd.print("  ");  
delay(5000);  
lcd.clear();  
secCounter = 0;  
while((secCounter <= 10) && (weightValue > 0))  
  digitalWrite(whiteLed, HIGH);  
  lcd.setCursor(0,0);  
  printFloat(weightMin, 1); lcd.print("min");  
  lcd.setCursor(9,0);  
  printFloat(weightMax, 1); lcd.print("max");  
  lcd.setCursor(4,1);  
  printFloat(weightValue, 1); lcd.print(" kg "); //  
  delay(250);  
  if(weightValue <= 0)  
    lcd.clear();  
  lcd.print("BAPO"); lcd.write(S); lcd.print(" MH"); lcd.write(D); lcd.print("EN,  
");  
  lcd.setCursor(0,1);  
  lcd.print("EKKINH"); lcd.write(S); lcd.print("H "); lcd.write(KS); lcd.print("ANA  
");  
  delay(3000);  
  weightZero = false;  
  return;  
  weightZero = true;  
  digitalWrite(whiteLed, LOW);  
  lcd.clear(); //===  
void measureSequence()  
  lcd.clear();  
  lcd.write(P); lcd.print("APAKA"); lcd.write(L); lcd.write(OM); lcd.print(" ");  
  lcd.write((byte)FE); lcd.print("Y"); lcd.write(S); lcd.print("H"); lcd.write(KS);  
  lcd.print("TE");  
  lcd.setCursor(0,1);  
  lcd.print(" "); lcd.write(S); lcd.print("TO AKPO"); lcd.write((byte)FE);  
  lcd.print("Y"); lcd.write(S); lcd.print("IO ");  
  delay(5000);  
  secCounter = 0; lcd.clear();  
  while((secCounter <= 10) && ((weightValue >= weightMin) || (weightValue <=  
weightMax)))  
    if(alcoholValue <= 0.24)  
      digitalWrite(greenLed, HIGH); //pin 26  
      digitalWrite(redLed, LOW); //pin 27  
      lcd.setCursor(0,0);  
      lcd.print("  EI"); lcd.write(S); lcd.print("TE OK!  ");
```

```
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(" ");
    printFloat(alcokolValue, 2); lcd.print(" gr/dL ");
    delay(3000);
    return;
    else if(alcokolValue > 0.24)
    secCounter = 0;
    for(int i = 8; i > 0; i--)
    while(secCounter <= 5)
    boolean times = !times;
    digitalWrite(greenLed, LOW);//pin 26
    digitalWrite(redLed, HIGH);//pin 27
    if(times == true)
    digitalWrite(greenLed, LOW);//pin 26
    digitalWrite(redLed, HIGH);
    digitalWrite(whiteLed, LOW);//pin 26
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("EXETE "); lcd.write(KS); lcd.print("E"); lcd.write(P);
    lcd.print("EPA"); lcd.write(S); lcd.print("EI ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("TO OPIO A"); lcd.write(L); lcd.print("KOO"); lcd.write(L);
    lcd.print("H"); lcd.write(S);
    beepBuzzer(1150, 5000);//repeatBeep(3);
    else if(times == false)
    lcd.clear(); lcd.setCursor(3,1);
    printFloat(alcokolValue, 2); lcd.print(" gr/dL");
    delay(1000);
    delay(250);
int getKeyDebounce()
    adcKeyIn = analogRead(0);
    key = getKey(adcKeyIn);
    do
    key = getKey(analogRead(0));
    while (key != -1);
    oldKey = key;
    while (oldKey == -1 || key == -1 || key != oldKey)
    oldKey = key;
    delay(DEBOUNCE_DELAY);
    key = getKey(analogRead(0));
    return key;
int getKey(unsigned int input)
    int k;
    for (k = 0; k < NUM_KEYS; k++)
    if (input < adcKeyVal[k])
    return k;
    if (k >= NUM_KEYS)
```

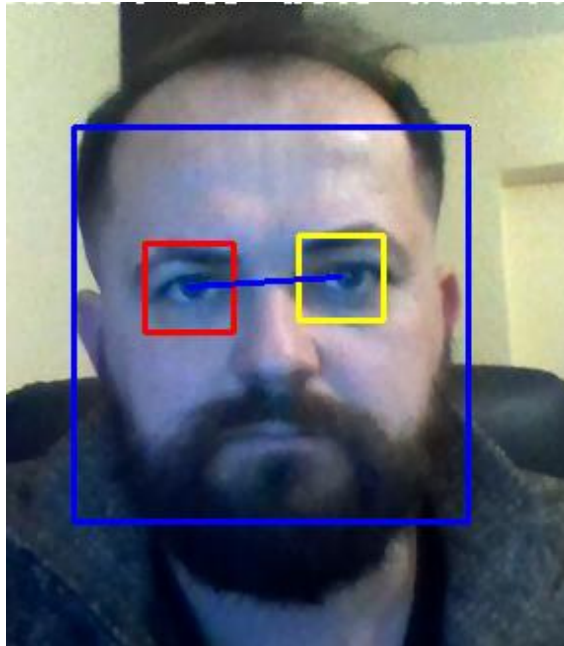
```
k = -1; // No valid key pressed
return k;
void printFloat(float value, int places)
int digit;
float tens = 0.1;
int tenscount = 0;
int i;
float tempfloat = value;
float d = 0.5;
if (value < 0) d *= -1.0;
for (i = 0; i < places; i++) d/= 10.0;
tempfloat += d;
if (value < 0) tempfloat *= -1.0;
while ((tens * 10.0) <= tempfloat)
    tens *= 10.0;
    tenscount += 1;
    if (value < 0) lcd.print('-');
    if (tenscount == 0) lcd.print(0, DEC);
    for (i=0; i< tenscount; i++)
        digit = (int) (tempfloat/tens);
        lcd.print(digit, DEC);
        tempfloat = tempfloat - ((float)digit * tens);
        tens /= 10.0;
    if (places <= 0) return;
    lcd.print('.');
    for (i = 0; i < places; i++)
        tempfloat *= 10.0;
        digit = (int) tempfloat;
        lcd.print(digit,DEC);
        tempfloat = tempfloat - (float) digit;
//INTERRUPT VECTORS
void timer1_ISR()
Timer1.detachInterrupt();
float tempMeasure = 0;
secCounter++;
weightValue = analogRead(weightSensor)*49.99/1023;
for(int i = 10; i > 0; i--)
    alcoholValue = analogRead(alcoholSensor)*4.99/1023;
tempMeasure = tempMeasure + alcoholValue;
alcoholValue = tempMeasure/10;
Timer1.attachInterrupt( timer1_ISR );
void splashScreen()
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("  METPHTH"); lcd.write(S); lcd.print("  ");
lcd.setCursor(0,1);
```

```
lcd.print("A"); lcd.write(L); lcd.print("KOO"); lcd.write(L); lcd.print("H");  
lcd.write(S); lcd.print(" ALMATO"); lcd.write(S);  
delay(5000);  
lcd.clear();  
lcd.print(" "); lcd.write(D); lcd.print("EK 2014, v1.0 ");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print(" ");  
delay(5000);  
lcd.clear();  
lcd.write(P); lcd.print("IE"); lcd.write(S); lcd.print("TE TO KOYM");  
lcd.write(P); lcd.print("I");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print(" 'EKKINH"); lcd.write(S); lcd.print("H' ");  
void beepBuzzer(unsigned long hz, unsigned long ms)  
unsigned long us = (750000 / hz);  
unsigned long rep = (ms * 500L) / us;  
for (int i = 0; i < rep; i++)  
digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);  
delayMicroseconds(us);  
digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);  
delayMicroseconds(us);  
void repetBeep(int times)  
for(int i = 0; i < times; i++)  
beepBuzzer(1150, 150);  
delay(50);
```

## 6.6 Λειτουργία

### *Τρόποι λειτουργίας*

Ο τρόπος που λειτουργεί αυτή η κατασκευής είναι ο εξής: Συνδέουμε με τροφοδοσία την συσκευή δηλαδή τον μικροϋπολογιστή arduino όπου και συνεργάζεται με τις υπόλοιπες ηλεκτρονικές συσκευές. Έπειτα πατάμε το κουμπί εκκίνησης για αρχή λειτουργίας, στην συνέχεια ανάβει το λευκό led, εμείς ως οδηγός κοιτάζουμε εμπρός ώστε να μας βλέπει η κάμερα και να μας φωτογραφίζει, όπως φαίνεται στην εικόνα 6.36.



Εικόνα 6.36: Αυτόματη φωτογράφιση από την κάμερα

Η φωτογραφία και η συνεχόμενη παρακολούθηση από την κάμερα συγκρίνει αν το πρόσωπο του εκάστοτε οδηγού είναι κάποιο από αυτά των πιθανών οδηγών που έχει καταχωρίσει στο σύστημα (εικόνα 6.19) ο ιδιοκτήτης του, για να αποφασίσει αν μπορεί να συνεχιστεί η διαδικασία.

Όνομα

- 00
- 01
- 02
- 03
- 04
- 05
- 06
- 07
- 08
- 09
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28

Εικόνα 6.37: Σύγκριση πιθανών οδηγών



Εικόνα 6.38: Αποτέλεσμα οδηγού και σύγκληση πιθανότητας



Συνεχίζοντας εμφανίζεται στην οθόνη «τοποθετήστε το βάρος» όπως φαίνεται στην εικόνα 6.39, αφού τοποθετήσουμε το βάρος γίνεται μια μέτρηση από τον αισθητήρα βάρους με την δυνατότητα  $\pm 10\%$  του εκάστοτε βάρους και εμφανίζετε η τιμή του βάρους σε kg στην οθόνη, εικόνα 6.40.



Εικόνα 6.39: Τοποθέτηση βάρους

Εικόνα 6.40: Εμφάνιση βάρους στην οθόνη

Το επόμενο βήμα είναι να μας εμφανίσει στην οθόνη «παρακαλώ φυσήξτε στον αισθητήρα», εικόνα 6.41, αφού φυσήξουμε τότε ο αισθητήρας αλκοόλης μετράει το οινόπνευμα στην αναπνοή μας και αν η τιμή του οινόπνευματος είναι μικρότερη από την 0.24 χιλιοστά του γραμμαρίου ανά λίτρο εκπνευσμένου αέρα που έχουμε ορίσει ως τιμή αναφοράς όπου είναι και αυτή που τηρείται στην νομοθεσία στην χώρα μας, τότε έχουμε για ένα δευτερόλεπτο από το ηχείο ένα ήχο «μπιπ» και ανάβει το πράσινο led, εικόνα 6.42. Σε διαφορετική περίπτωση αν δηλαδή η αλκοόλη στην μέτρηση του αισθητήρα βρεθεί υψηλότερη από 0.24 χιλιοστά του γραμμαρίου ανά λίτρο εκπνευσμένου αέρα τότε ακούγεται από το ηχείο ένας ήχος «μπιπ» για 5 δευτερόλεπτα και ανάβει το κόκκινο led, εικόνα 6.43. Η δεύτερη περίπτωση δηλαδή να ακούγεται το «μπιπ» για 5 δευτερόλεπτα και να ανάβει το κόκκινο led ισχύει και αν κατά την διάρκεια της διαδικασίας μετά την φωτογραφία από την κάμερα και την σύγκριση με τις υπάρχουσες φωτογραφίες, ο μηχανισμός διαπιστώσει ότι η φωτογραφία δεν αντιστοιχεί σε κανέναν από τους «δηλωμένους» πιθανούς οδηγούς του οχήματος. Το ίδιο ισχύει αν το βάρος μηδενιστεί έστω και για ένα δευτερόλεπτο ή αν αλλάξει η τιμή του αρκετά, δηλαδή αν ξεπεράσει το όριο  $\pm 10\%$  που του έχουμε ορίσει. Με λίγα λόγια κάθε φορά και σε κάθε βήμα της διαδικασίας αν κάτι δεν είναι επιτρεπτό,

ανάβει η κόκκινη λυχνία και ακούγεται ο συγκεκριμένος ήχος από το ηχείο που σηματοδοτούν ότι κάτι πήγε στραβά και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.



Εικόνα 6.41: Διαδικασία μέτρησης αλκοόλης



Εικόνα 6.42: Επιτρεπτό όριο αλκοόλης.



Εικόνα 6.43: Απαγορευτικό όριο αλκοόλης

### 6.7 Συσχέτιση τρόπου λειτουργίας με την πραγματική χρήση

Η συσχέτιση αυτής της κατασκευής με την εφαρμογή σε μηχανοκίνητο όχημα γίνεται ως εξής. Το κουμπί που πατάμε αρχικά υποδηλώνει το διακόπτη στην θέση εκκίνησης της μίζας του οχήματος (θέση προθέρμανσης στους diesel). Το λευκό λαμπάκι led υποδηλώνει τους ενδεικτικούς φωτισμούς στο καντράν του οχήματος. Το σημείο όπου τοποθετούμε το βάρος υποδηλώνει το κάθισμα της θέσης του οδηγού του οχήματος. Το βάρος υποδηλώνει το βάρος του οδηγού σε κιλά που κάθετα στην θέση οδήγησης. Η στιγμή που κοιτάζουμε την κάμερα υποδηλώνει την στιγμή που στο όχημα θα κοιτάζει ο οδηγός εμπρός (όπως δηλαδή και στην πραγματικότητα και όπως όταν οδηγεί), η ενσωματωμένη κάμερα του συστήματος στο αυτοκίνητο τον φωτογραφίζει ώστε να συγκρίνει αν είναι γνωστός οδηγός ή άγνωστος ή αν λόγω μη νηφαλιότητας να προσπαθεί να μπερδέψει το σύστημα. Η οθόνη μπορεί να είναι μία οποιαδήποτε συνηθισμένη οθόνη ευδιάκριτη στον οδηγό σε ταμπλό οχήματος. Το ηχείο μπορεί να είναι το ίδιο με ένα συνηθισμένο ηχείο που τοποθετείτε σε οχήματα. Και τέλος τα δυο led πράσινο και κόκκινο

υποδηλώνουν πότε επιτρέπεται και πότε όχι αυτόματα από τον προγραμματισμό του κεντρικού εγκεφάλου του εκάστοτε οχήματος η δυνατότητα εκκίνησης της μίζας ώστε να βάλει τον κινητήρα σε λειτουργία και την δυνατότητα αλλαγής θέσης στάθμευσης του οχήματος. Για αυτό άλλωστε επιλέχθηκαν και αυτά τα δύο χρώματα.

### 6.8 Αρχικός στόχος

Αρχικός στόχος ήταν να τοποθετήσουμε δυναμοκυψέλες σε πραγματικό κάθισμα οχήματος στο κάτω μέρος και στην πλάτη του καθίσματος όπου δηλαδή έρχεται σε επαφή ο οδηγός με το κάθισμα. Με τον τρόπο αυτό θα συγκεντρώναμε ποιο εύκολα και με μεγαλύτερη ακρίβεια το βάρος του εκάστοτε οδηγού. Αυτό φυσικά ισχύει και για τα υπόλοιπα καθίσματα του οχήματος με σκοπό τον πλήρη έλεγχο των επιβατών από το συγκεκριμένο σύστημα για ακριβή αποτελέσματα καθώς και για τον διαχωρισμό τους από τυχόν τοποθετημένα αντικείμενα. Η τοποθέτηση κάμερας ώστε μετά την μέτρηση του βάρους να γινόταν εικονική αποτύπωση και σύγκριση του προσώπου του εκάστοτε οδηγού με σκοπό τον έλεγχο νομιμότητας του ως προς το αν είναι δικαιούχος του οχήματος και αν φυσικά παραμένει ο ίδιος οδηγός ώστε να ακολουθήσει ο έλεγχος νηφαλιότητας του. Τα υπόλοιπα μέρη της κατασκευής θα παρέμεναν ως έχουν. Η μελέτη για να πραγματοποιηθεί ο αρχικός στόχος ανέρχεται περίπου στο ποσό των 3500 ευρο, όπου το ποσό αυτό είναι αδύνατον να δαπανηθεί για μία εργασία προπτυχιακού επιπέδου.

### 6.9 Εξέλιξη

Η εξέλιξη που μπορεί να πάρει ο συγκεκριμένος αισθητήρας (κατασκευή), ώστε με την χρήση του σε όχημα, να εξυπηρετεί στο ακέραιο τον σκοπό δημιουργίας του, είναι αρκετά πολύπλοκη. Όπως προαναφέραμε και στον αρχικό μας στόχο, κρίνεται αναγκαία η χρήση δυναμοκυψελών σε όλες

τις θέσεις επιβατών του οχήματος. Κάμερα μεγάλης ευκρίνειας που, μετά την μέτρηση βάρους του οδηγού, να φωτογραφίζει με επιτυχία τον εκάστοτε οδηγό. Είναι σημαντικό μεγάλης ευκρίνειας, για να μπορεί κάθε φορά να αναγνωρίσει τον οδηγό με όποιες μικρές απλές και φυσιολογικές αλλαγές μπορεί να έχει στο πρόσωπο του, όπως αυτές είναι το κούρεμα, το ξύρισμα, η χρήση οποιοδήποτε γυαλιών, το μακιγιάζ ή όχι Makeup απο για τις γυναίκες οδηγούς. Ακόμα η χρήση προστατευτικής μάσκας ή και στην περίπτωση κάποιας γάζας εξαιτίας μικροτραυματισμού. Επίσης σημαντικό είναι να μην αποτελεί πρόβλημα κατά την αναγνώριση του προσώπου η αλλαγή φωτός. Αναφέρονται όλα αυτά διότι είναι σημαντικό ο ιδιοκτήτης και οι τυχόν υπόλοιποι με την άδεια του πιθανοί οδηγοί, να μπορούν να οδηγήσουν το συγκεκριμένο όχημα χωρίς την παρεμπόδισή τους από το ίδιο το όχημα. Τονίζεται δε, όπως έχει αναφερθεί και στην πορεία της εργασίας αυτής ότι, οι μη ενημέρωση προσώπων πιθανών οδηγών στο σύστημα του οχήματος ή η κάλυψη του προσώπου πιθανού οδηγού, να παρεμποδίζεται αυτόματα η οδήγηση του. Ο αισθητήρας αλκοόλης να είναι μεγαλύτερης ακριβείας και χρόνου απόκρισης, όπως δηλαδή των διαπιστευμένων εταιριών κυκλοφορίας του και τον ελεγκτικών μηχανισμών.

Δεν θα πρέπει να παραληφθεί η δυνατότητα συγκεκριμένων αριθμητικά επαναλήψεων σε διάστημα σχετικά περιορισμένων δευτερολέπτων. Μετά από επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και ανίχνευσης αλκοόλης άνω του επιτρεπτού, θα πρέπει, να υπάρχει ο αποκλεισμός της διαδικασίας και άρα του οχήματος για κάποιο χρονικό διάστημα μερικών λεπτών, με την διαδικασία αυτή να επαναλαμβάνεται από το πρώτο στάδιο. Επίσης αισθητήρες πίεσης ή μετατόπισης ή αλλαγής θέσης σε όλα τα παράθυρα του οχήματος για τον έλεγχο κλειστού παραθύρου κατά την διαδικασία μέτρησης. Τέλος αναφέρονται όλα αυτά ως αναγκαία για να μην μπορεί να αλλάξει ο οδηγός μετά την μέτρηση ή να μην δεχτεί έλεγχο νηφαλιότητας άλλος επιβάτης αντί του οδηγού. Για να αποφευχθεί το τελευταίο προϋποθέτει την τοποθέτηση του ακροφύσιου σε σημείο προσέγγισης μόνο από τον οδηγό για έλεγχο αποκλειστικά αυτού.

Ένα σημαντικό βήμα που θα μπορούσε να προστεθεί μετά τον έλεγχο βάρους και αναγνώρισης προσώπου είναι η χρήση συγκεκριμένου κωδικού pin με δυνατότητα άπειρων αλλαγών από τον ιδιοκτήτη. Περαιτέρω εξέλιξη θα μπορούσε να γίνει με την χρήση αισθητήρων ανίχνευσης καπνού, για την αποφυγή καπνιστή στο όχημα ιδικά με συνεπιβάτες παιδιά. Επιπροσθέτως η αναγκαιότητα χρήσης ζώνης ασφαλείας όλων των επιβατών καθώς και τον έλεγχο ισχύς της άδειας οδήγησης του εκάστοτε οδηγού από συγκεκριμένο αισθητήρα.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

### Συμπεράσματα

Ολοκληρώνοντας τη συγκεκριμένη καταλήγουμε στα θετικά που μπορεί να προσφέρουν οι αισθητήρες των αυτοκινήτων και γενικότερα, τόσο στον ίδιο τον οδηγό και τους συνεπιβάτες του, όσο και στο ίδιο το αυτοκίνητο.

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας έχει ως αποτέλεσμα και την εξέλιξη των αισθητήρων σε επίπεδο που προσφέρει πληροφορία άνεση και ασφάλεια όπου χωρίς αυτούς δεν θα προσφέρονταν στον οδηγό. Οι αισθητήρες έχουν αναπτυχθεί σε πολλά επίπεδα και έχουν εφαρμογή σε διάφορα σημεία του αυτοκινήτου, με ιεράρχηση ως προς την ασφάλειας του οδηγού όσο και στις ανάγκες του. Είναι αξιόπιστοι τόσο στην λειτουργικότητα τους όσο και στην σωστή τους πληροφόρηση προς τον οδηγό. Έχουν αντικαταστήσει σε πολλές περιπτώσεις αφοσίωση, επίβλεψη ή και εργασίες από τον χρήστη του αυτοκινήτου. Δεν έχουν τις αδυναμίες ενός ανθρώπου, όπως κούραση στιγμιαία απώλεια μνήμης μειωμένα αντανακλαστικά ή καθυστέρηση αυτών και άλλων μη στιγμιαίων ικανοτήτων που μπορεί να φέρει ο ανθρώπινος οργανισμός. Δεν χρειάζεται κάποια ιδιαίτερη προσπάθεια για ανάγνωση αυτών από τον οδηγό ή κάποια ειδικευμένη γνώση ή εκπαίδευση για την χρησιμοποίησή τους. Επίσης οι ικανότητες τους ξεπερνούν κατά πολύ τον άνθρωπο και έτσι του προσφέρουν ένα εντελώς διαφορετικό αυτοκίνητο από αυτό με χωρίς αισθητήρες.

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες τους οποίους μπορεί να εκτιμήσει κάποιος στα αποτελέσματα των εφαρμογών μεικτής πραγματικότητας σε πραγματικό χρόνο είναι, το αν οι τιμές αισθητήρων μεταφέρονται χωρίς καμία χρονική καθυστέρηση στις αντίστοιχες γεωμετρίες, στις οποίες είναι προγραμματισμένες μέσω του ανάλογου κώδικα. Για να είναι ρεαλιστική η πραγματικότητα, εκτός από την άμεση μεταφορά της αξιοποίησης των τιμών των αισθητήρων απαιτείται να μεταφέρονται σε κάθε χρονική στιγμή και οι σωστές τιμές. Για την λειτουργία τους χρησιμοποιούνται τόσο ηλεκτρονικά υλικά (hardware) όσο και κατάλληλα λογισμικά (software) για την σωστή

υλοποίηση του κυκλώματος τους. Ακόμα γίνεται χρήση και συνεργασία από και με μηχανικά μέρη όπου αυτά απαιτούνται.

Στην συγκεκριμένη εργασία σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε αισθητήρας αναγνώρισης οδηγού και ελέγχου νηφαλιότητας του, για τον έλεγχο της ποσότητας αλκοόλ στον οδηγό και την δυναμική ικανότητα του να οδηγήσει το όχημα. Τα διάφορα τμήματα αγοράστηκαν με την αιγίδα του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και συγκεκριμένα του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών. Η συναρμολόγηση και ο προγραμματισμός τους, είναι μία εργασία αρκετά απαιτητική, πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας από εμένα.

Η τοποθέτηση και άρα η αναγκαστική χρήση του αισθητήρα αναγνώρισης και ελέγχου νηφαλιότητας οδηγού στο αυτοκίνητο προλαμβάνει τόσο παράνομη οδήγηση ή ακόμα και κλοπή του οχήματος, όσο επιπολαιότητα και αδυναμία υπό την επήρεια αλκοόλ του οδηγού. Κάθε άνθρωπος και ιδιαίτερα τα άτομα νεαρής ηλικίας υπερεκτιμούν τις δυνατότητες τους μετά την κατανάλωση αλκοόλ αφού χρίζουν νηφαλιότητας και καθαρής σκέψης. Πολλές είναι οι απώλειες σε ανθρώπινες ζωές εξαιτίας αυτού του φαινομένου και ίσως στο μέλλον μια τέτοια κατασκευή αποτελέσει παρελθόν στο ανεπιθύμητο αυτό φαινόμενο.

Τέλος είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η προσφερόμενη βοήθεια των αισθητήρων στον οδηγό και στον άνθρωπο γενικότερα είναι επιθυμητή μέχρι το σημείο όπου δεν υπονομεύει ή επηρεάζει την ελευθερία του αλλά και την γνώση για σωστή χρήση του αυτοκινήτου.



## Σημειώσεις – διευκρινήσεις

Σημείωση 1: Για τις ανάγκες της εργασίας η κάμερα που χρησιμοποιήθηκε είναι η ενσωματωμένη κάμερα όπου διαθέτει ο φορητός υπολογιστής. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και μία απλή Web κάμερα συνδεσμολογίας usb 2.

Σημείωση 2: Στο κεφάλαιο 6, ηλεκτρικό μέρος και βήμα 2<sup>ο</sup> στην συνδεσμολογία δεν αναγράφεται η σωστή συνδεσμολογία της κάμερας διότι η επίδειξη του μοντέλου γίνεται με φορητό υπολογιστή με ενσωματωμένη κάμερα, αφού για μεγάλο χρονικό διάστημα και την συγκεκριμένη χρονική περίοδο υπάρχει παγκόσμια έλλειψη από Arduino, Raspberry, jet son Nano ακόμα και από επεκτατικές κάρτες Arduino για την αναβάθμιση του. Με το διαθέσιμο Arduino δεν δύναται η δυνατότητα ανταπόκρισης του και σε κάμερα μεγάλης ευκρίνειας όπου και αυτή είναι αρκετά κοστοβόρα και απαιτητική ως προς την συνεργασία της με μικροϋπολογιστή.

Σημείωση3: Το παραπάνω μοντέλο αναγνώρισης προσώπου αποτελεί προσθήκη-επέκταση στο σύστημα - εφαρμογή που είχα πραγματοποιήσει για την διεκπεραίωση της διπλωματικής μου εργασίας το 2015 με την συμφοιτήτρια μου Πλατανιά Βασιλική στο Τμήμα Μηχανολόγων του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας.

Το σύστημα αποτελούνταν από ένα Arduino UNO και είχε τις παρακάτω ενέργειες.

- Έλεγχος βάρους (Ο οδηγός έχει καθίσει στο κάθισμα)
- Κουμπί Εκκίνησης Διαδικασίας
- Οθόνη που καθοδηγεί και ενημερώνει τον οδηγό για την διαδικασία
- Ανιχνευτής Αλκοόλης με αντίστοιχο ρυθμιστή αντίστασης(ποτενσιόμετρο) της επιτρεπόμενης μέτρησης.
- Ηχείο, Φωτάκια ως ενδείξεις για τις ανάλογες μετρήσεις.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Μ. Κωνστάντης, Οι αισθητήρες στο αυτοκίνητο, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, ΤΕΙ Κρήτης 2013.
- [2] Α. Δημακόπουλος, Ενεργητική, παθητική ασφάλεια οχημάτων και σύγχρονοι αισθητήρες αυτοκινήτων, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας 2010.
- [3] Γ. Δουλγέρης, Ν. Ζαραγκούλιας, Β. Κουτσούκος, Τεχνολογία Ελέγχων και Διαγνώσεων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 2001.
- [4] Ι. Καλόμοιρος, Συστήματα Συλλογής Πληροφοριών και Μετρήσεων, Τμήμα Πληροφορικής και Επικοινωνιών, ΤΕΙ Σερρών 2005.
- [5] Γ. Καπετανάκης, Οι Ρυθμιστές της Διαχείρισης του Κινητήρα, Περιοδικό «Το Συνεργείο», 15-2-2003.
- [6] Τι είναι ο Αισθητήρας Hall; Περιοδικό «Auto SERVICE», Οκτώβριος 2009.
- [7] P. Elgar, Αισθητήρες Μέτρησης και Ελέγχου, εκδόσεις Τζιόλα 2003.
- [8] Ι. Καλογερίδης, Σύγχρονη αντίληψη για τους αισθητήρες του αυτοκινήτου-Ασφάλεια του οχήματος και του πληρώματος, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας 2009.
- [9] 1<sup>ο</sup> ΕΠΑΛ Μεσολογγίου, Αισθητήρες και Συλλογή Δεδομένων από τα Τμήματα ενός Αυτοκινήτου και το περιβάλλον του, 2014.
- [10] Δ. Ρουμेलιώτης, Μετρήσεις με Γέφυρες στο Συνεχές και Εναλλασσόμενο Ρεύμα, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Κρήτης 2007.
- [11] Στεργίου, Κ., 2004. Σχεδιασμός των κατασκευών. Αθήνα : Σύγχρονη Εκδοτική.
- [12] Δ. Γκόλφης Β. Πλατανιά, Περιγραφή Λειτουργία Σύγχρονων Αισθητήρων Αυτοκινήτων και Σχεδίαση και Κατασκευή Αισθητήρα Ελέγχου Νηφαλιότητας Οδηγού, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας 2015.
- [13] <http://www.autotriti.gr>

- [14] <https://www.thewindscreenco.co.uk/wp-content/uploads/2020/03/02-Adaptive-Cruise-Control-ACC-1000x536.png>
- [15] <https://avtotachki.com/el/parktronik-cto-eto-takoe-v-avtomobile/>
- [16] [https://docs.opencv.org/3.4/db/d28/tutorial\\_cascade\\_classifier.html](https://docs.opencv.org/3.4/db/d28/tutorial_cascade_classifier.html)
- [17] <https://data.vision.ee.ethz.ch/cvl/rrothe/imdb-wiki/>
- [18] <https://data.caltech.edu/records/6rjah-hdv18>
- [19] <https://ijssst.info/Vol-17/No-46/paper51.pdf>
- [20] <https://data.caltech.edu/records/6rjah-hdv18>
- [21] <https://data.vision.ee.ethz.ch/cvl/rrothe/imdb-wiki/>

#### Ιστοσελίδες

- <http://store.arduino.cc/product/A000066>
- <https://www.sparkfun.com/products/retired/9888>
- <https://www.sparkfun.com/products/8880>
- <https://www.sparkfun.com/products/255>
- <https://www.sparkfun.com/products/12615>
- <https://www.sparkfun.com/products/97>
- <https://www.sparkfun.com/products/7950>
- <https://www.sparkfun.com/products/12795>
- <https://www.sparkfun.com/products/9878>
- [http://www.phidgets.com/products.php?product\\_id=3084](http://www.phidgets.com/products.php?product_id=3084)
- [https://www.automintzas.gr/?section=637&language=el\\_GR&itemid730=6563&detail730=1](https://www.automintzas.gr/?section=637&language=el_GR&itemid730=6563&detail730=1)
- [http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires\\_autokinitwn.pdf](http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires_autokinitwn.pdf)
- <https://www./search?q=cruise+control+%CF%84%CE%B9+%CE%B5%CE%B9%CE%BD+%CE%B1%CE%B9&oq=&aqs>

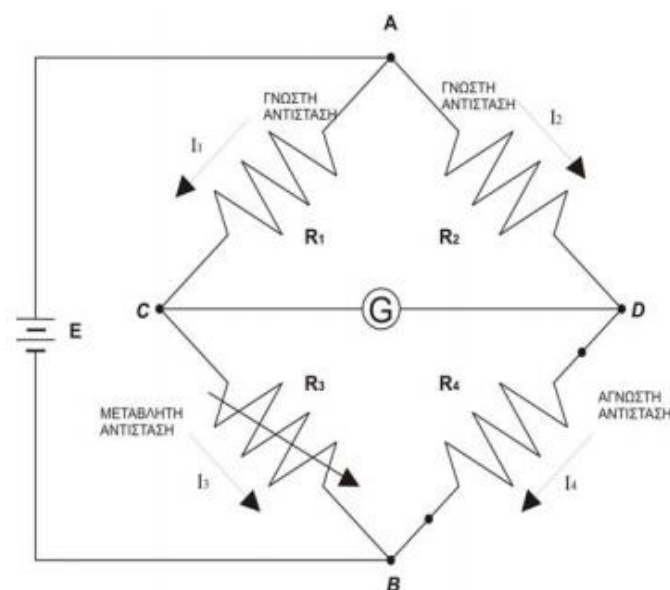
- <https://club.autodoc.gr/magazin/ti-einai-to-tcs-orismos-leitoyrgies-kai-pleonekthmata>
- [https://www.gocar.gr/news/tech/30861,Ti\\_einai\\_to\\_systhma\\_diathrhshs\\_lwridas.html](https://www.gocar.gr/news/tech/30861,Ti_einai_to_systhma_diathrhshs_lwridas.html)
- <https://www.google.com/search?q=hill+assist+%CF%84%CE%B9+%CE%B5%CE%B9%CE%BD%CE%B1%CE%B9&oq=hi&aqs=chrome.0.69i59j46i67j0i67i5j0i131i433i512j0i67.3070j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- [https://www.autotriti.gr/data/news/preview\\_news/Pws-to-Start-Stop-kai-to-koympi-ECO-se-bohthoyn-na-glitwneis-kaysimo-231381\\_232888\\_55732.asp](https://www.autotriti.gr/data/news/preview_news/Pws-to-Start-Stop-kai-to-koympi-ECO-se-bohthoyn-na-glitwneis-kaysimo-231381_232888_55732.asp)
- <https://www.drive.gr/news/technologia/stopstart-apeilei-te-zoe-toy-kinetera-mas>
- <https://www.volvocars.com/gr/support/manuals/s60/2017w17/organa-kai-koympia-eleghoypologistis-taxidioypologistis-taxidioy>
- <https://www.tanea.gr/2019/03/03/autonea/agora/ta-nea-fota-sta-ix-diavazoun-pinakides-strivoun-kai-den-tyfloun/>
- <https://www.google.com/search?q=cruise+control+%CF%84%CE%B9+%CE%B5%CE%B9%CE%BD+%CE%B1%CE%B9&oq=&aqs>
- [https://docs.opencv.org/2.4/modules/contrib/doc/facerec/facerec\\_tutorial.html#id22](https://docs.opencv.org/2.4/modules/contrib/doc/facerec/facerec_tutorial.html#id22)



## Παράρτημα

### Γέφυρα Wheatstone

Το παρακάτω σχήμα. Π1 δείχνει τη σχηματική διάταξη της γέφυρας Wheatstone. Η γέφυρα αποτελείται από τέσσερις ωμικούς οπλισμούς, μια πηγή ενέργειας (συνήθως αυτή είναι συστοιχία μπαταριών) και τέλος από ένα γαλβανόμετρο ή κάποιον άλλο ευαίσθητο στο ρεύμα μετρητή. Για την προστασία του γαλβανομέτρου τοποθετείται σε σειρά (ή και παράλληλα) με αυτό ρυθμιστική αντίσταση. Το ρεύμα που διαρρέει το γαλβανόμετρο εξαρτάται από την διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα σημεία c και d. Η γέφυρα λέγεται ότι βρίσκεται σε ισορροπία όταν η διαφορά δυναμικού στα άκρα του γαλβανομέτρου είναι 0V. Τότε το γαλβανόμετρο δεν διαρρέεται από ρεύμα. Αυτή η συνθήκη λαμβάνει χώρα όταν η διαφορά δυναμικού από το σημείο c στο σημείο a ισούται με τη διαφορά δυναμικού από το σημείο d στο σημείο a. Αν ξεκινήσουμε από τον άλλο πόλο της μπαταρίας όταν η διαφορά δυναμικού από το σημείο c στο σημείο b ισούται με τη διαφορά δυναμικού από το σημείο d στο σημείο b.



Σχήμα Π1: Γέφυρα Wheatstone [11].

Συνδυάζοντας τις παραπάνω ισότητες μεταξύ των διαφορών δυναμικού καταλήγουμε στη λεγόμενη συνθήκη ισορροπίας της γέφυρας:

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3 \quad (\text{Π1})$$

Αν η αντίσταση  $R_4$  είναι η άγνωστη αντίσταση, τότε αυτή μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

$$R_4 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1} \quad (\text{Π2})$$

Στις εργαστηριακές γέφυρες οι ωμικές αντιστάσεις  $R_2$  και  $R_1$  είναι πρότυπες αντιστάσεις υψηλής ακριβείας. Ο λόγος τους μπορεί να μεταβάλλεται με τιμές 100, 10, 1, 1/10, 1/100. Η ωμική αντίσταση  $R_3$  είναι μεταβλητή (για παράδειγμα από 1 – 9999.9Ω) και με τον χειρισμό της η γέφυρα έρχεται σε ισορροπία. Η μέτρηση της άγνωστης αντίστασης  $R_4$  είναι ανεξάρτητη από τα χαρακτηριστικά ή το καλιμπράρισμα του γαλβανομέτρου, υπό τον όρο ότι το μετρητικό όργανο έχει επαρκή ευαισθησία ώστε να υποδείξει την θέση ισορροπίας της γέφυρας με τον απαιτούμενο βαθμό ακρίβειας. Όταν βρίσκεται σε θέση ισορροπίας, μια μικρή μεταβολή ( $\Delta R$ ) μίας εκ των αντιστάσεων προκαλεί μια μεταβολή του ρεύματος ( $\Delta I$ ) δια του γαλβανομέτρου που είναι ανάλογη του  $\Delta R$  και επίσης ανάλογη είναι και η απόκλιση ( $\Delta \alpha$ ) του δείκτη του οργάνου.

Ευαισθησία της γέφυρας ονομάζουμε τον λόγο  $\Delta \alpha / \Delta R$  Για να έχουμε επαρκή ευαισθησία πρέπει:

1. Η ρυθμιζόμενη αντίσταση  $R_3$  να είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με την  $R_4$
2. Οι  $R_2$  και  $R_3$  να είναι περίπου ίσες με το 1/10 της  $R_4$
3. Η εσωτερική αντίσταση του γαλβανομέτρου να είναι της τάξης του 1/10 της  $R_4$



4. Η γέφυρα αποκτά την μέγιστη ευαισθησία όταν ο λόγος  $R_2 / R_1 = 1$  οπότε  $R_4 = R_3$

Η γέφυρα Wheatstone χρησιμοποιείται ευρύτατα για την ακριβή μέτρηση αντιστάσεων. Οι οποίες έχουν μια ευρύτατη κλίμακα που κυμαίνεται από ελάχιστα  $\Omega$ hm έως μερικά megohm. Η κύρια πηγή των σφαλμάτων μέτρησης οφείλεται στα περιοριστικά ή κατασκευαστικά λάθη των τριών γνωστών αντιστάσεων. Κάποια άλλα λάθη στις μετρήσεις οφείλονται στα παρακάτω:

1. Στην ανεπαρκή ακρίβεια του γαλβανομέτρου.

2. Στις αλλαγές τιμών των ωμικών αντιστάσεων της γέφυρας κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Αυτό οφείλεται στο θερμικό φαινόμενο καθώς το ρεύμα διαρρέει τις αντιστάσεις. Η αύξηση της θερμοκρασίας δεν έχει μόνο επίπτωση στην τιμή των ωμικών αντιστάσεων κατά τη διάρκεια της μέτρησης, αλλά είναι ικανή να μεταβάλλει μόνιμα τις τιμές των αντιστάσεων αυτών.

3. Η θερμικά παραγόμενη ηλεκτρεγερτική τάση (thermal EMF) στο κύκλωμα της γέφυρας ή και στο κύκλωμα του γαλβανομέτρου προκαλεί επίσης προβλήματα κατά την μέτρηση αντιστάσεων με μικρή τιμή. Για να προστατεύσουμε την ακρίβεια των μετρήσεων μας από αυτό το φαινόμενο τοποθετούμε στα γαλβανόμετρα χάλκινα σπειροειδή πηνία και χάλκινες διατάξεις ανάρτησης που σκοπό έχουν να αποτρέψουν ανόμοια μέταλλα να έρχονται σε επαφή και έτσι να δημιουργούνται τα πεδία αυτά. Τέτοια ειδικά γαλβανόμετρα έχουν απόλυτη ακρίβεια αλλά το κόστος τους είναι αρκετά υψηλό.

4. Τέλος η κατασκευή των περιβλημάτων των αντιστάσεων αλλά και το υλικό που συνδέονται οι αντιστάσεις στη γέφυρα, παίζουν τον ρόλο τους στην ακρίβεια των μετρήσεων.