

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΣΥΜΕΟΝΟΓΛΟΥ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΠΑΛΑΝΤΖΑΣ**

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ 2017

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΣΥΜΕΟΝΟΓΛΟΥ
ΑΜ : 5124**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη και η κατασκευή ενός αισθητήρα θερμοκρασίας.

Για αυτό και επιλέξαμε να κατασκευάσουμε ένα κύκλωμα υπερθέρμανσης ενός εμπορικού πλοίου και για την υλοποίησή του χρειαστήκαμε μια σειρά ηλεκτρονικών εξαρτημάτων όπως θερμίστορ, αντιστάσεις, πυκνωτές, όπου τα τοποθετήσαμε σε ένα κύκλωμα πάνω σε πλακέτα με συγκεκριμένη τροφοδοσία των 12V, για την μέτρηση και κατανόησης του συγκεκριμένου κυκλώματος.

Αρχικά κατασκευάσαμε το κύκλωμά μας πάνω σε raster όπου το δοκιμάσαμε αν λειτουργεί, και έπειτα το τοποθετήσαμε σε κουτάκι από κόντρα πλακέ.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η λειτουργία του κυκλώματος αφορά χρήσεις σε εμπορικά πλοία και εξυπηρετεί ένα φάσμα θερμοκρασιών το οποίο ελέγχει, ειδοποιεί και είναι κατάλληλο για την ομαλή λειτουργία και την πρόληψη βλαβών των εμπορικών πλοίων.

Δηλαδή αν η θερμοκρασία της προωστήριας μηχανής του πλοίου είναι πολύ υψηλή τότε το κύκλωμά μας θα δώσει εντολή να ανάψει ένα κόκκινο λαμπάκι ή οποιαδήποτε άλλη ένδειξη, ενώ αν είμαστε στα επιθυμητά όρια λειτουργίας τότε το πράσινο λαμπάκι θα παραμένει ανοιχτό. Αυτό επίσης μπορεί να εφαρμοστεί πάνω στο ψυγείο της κύριας μηχανής του πλοίου.

Abstract

The purpose of this dissertation is to study and construct a temperature sensor.

That is why we chose to build an over-the-air circuit of a merchant ship and to implement it, we needed a series of electronic components such as thermistors, resistors, capacitors, where we placed them in a circuit on an electronic board with a specific 12V supply, to measure and understand the particular Circuit.

Initially we built our circuit on a raster where we tested it if it worked, and then we put it in a box of plywood.

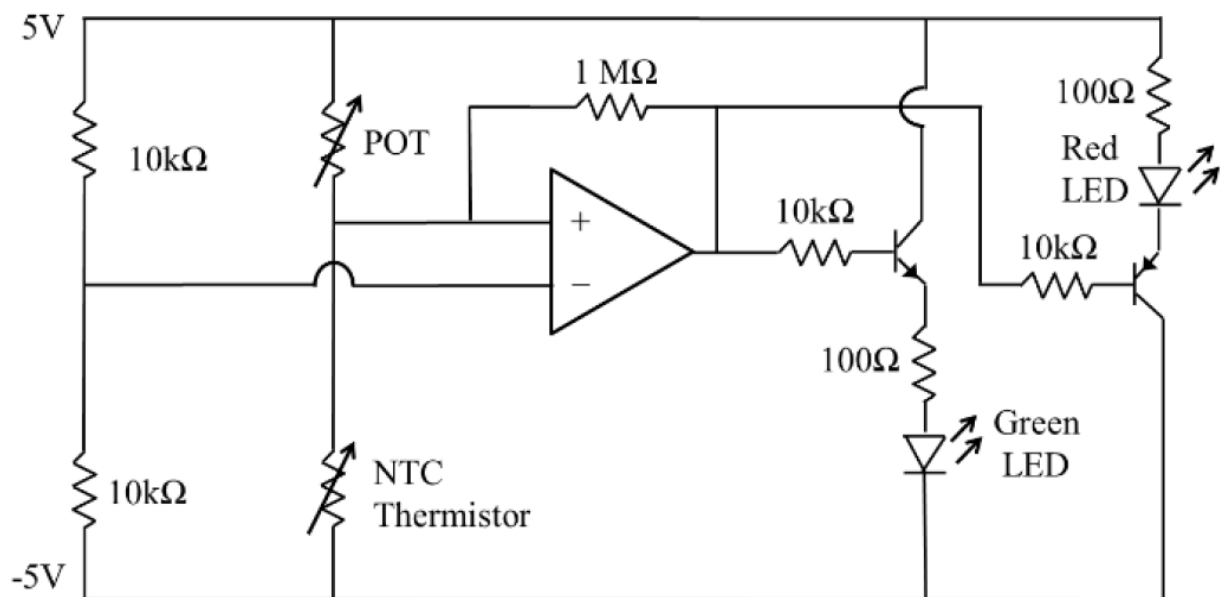
Taking into consideration that the operation of the circuit, concerns uses on merchant vessels and serves a range of temperatures that it controls, alerts and is suitable for the smooth operation and prevention of damage to merchant ships.

That is, if the ship's engine temperature is too high, then our circuit will command a red light to light up or any other indication, and if we are in the desired operating range then the green light will remain on. This can also be applied to the jacket cooling system of the ship's main engine.

Πρόλογος

Η παρακάτω πτυχιακή εργασία αποτελεί ένα κατασκευαστικό κύκλωμα ειδοποίησης υπερθέρμανσης εμπορικού πλοίου, η οποία εξυπηρετεί για την προστασία της προωστήριας μηχανής από υπερθέρμανση.

Παρακάτω επισυνάπτεται το συγκεκριμένο κύκλωμα το οποίο επρόκειτο να ασχοληθούμε και ο λόγος για τον οποίο ένα τέτοιο κύκλωμα είναι απαραίτητο.



Εικόνα 1.1: Κύκλωμα ειδοποίησης υπερθέρμανσης του πλοίου

Πηγή: <http://www.eleccircuit.com/car-overheating-alarm/>

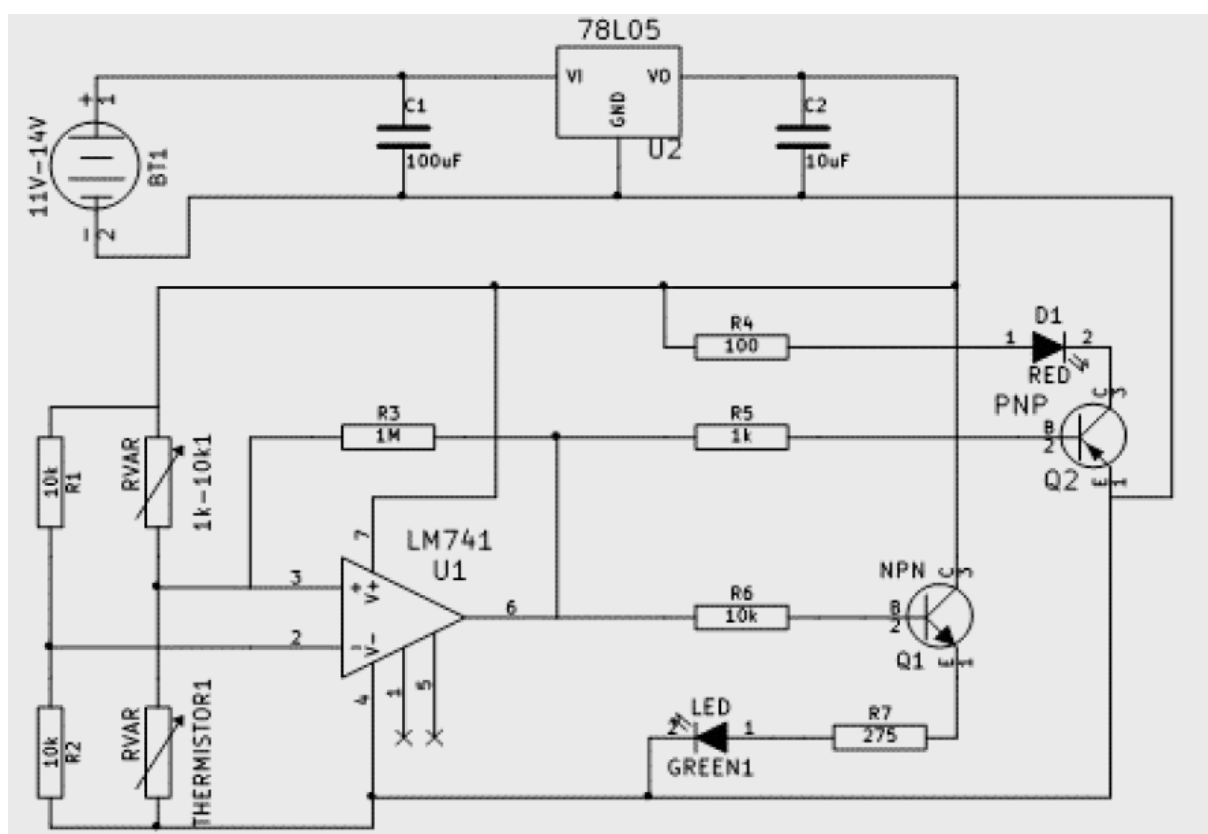
Όλοι γνωρίζουμε πόσο σημαντικό είναι ένα τέτοιο κύκλωμα τοποθετημένο στα πλοία αφού μας προειδοποιεί για το αν η κύρια μηχανή του πλοίου κινδυνεύει από υψηλή θερμοκρασία. Η σωστή λειτουργία της μηχανής και η προγραμματισμένη συντήρησή της μπορεί να μας προστατέψει από την υπερθέρμανση. Ακόμα, στις θερμές περιοχές όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι υψηλή, πρέπει να έχουμε σωστή ψύξη της μηχανής και ο αέρας εισαγωγής να μην ξεπερνάει τους 42°C στον οχετό σαρώσεως. Ακόμη, οι προδιαγραφές του κάθε κατασκευαστή θα πρέπει να τηρούνται.

Το κύκλωμα λοιπόν χρησιμοποιεί ένα θερμίστορ το οποίο η μεταβλητή του αντίσταση αλλάζει ανάλογα με την θερμοκρασία. Αν η θερμοκρασία είναι πολύ μεγάλη, το κόκκινο λαμπάκι θα ανάψει, αν η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή, τότε θα ανάψει το πράσινο λαμπάκι. Οι θερμοκρασίες οι οποίες λαμβάνονται υπόψιν σε τέτοιου είδους κυκλώματα έχουν να κάνουν με τον κατασκευαστή και σε τι θέση αυτός θα τα ορίσει, έτσι ώστε το alarm να χτυπήσει στις ανάλογες θερμοκρασίες.

Κεφάλαιο 1

Υλικά κατασκευής

Αρχικά προσομοιώσαμε το κύκλωμά μας πριν το υλοποιήσουμε. Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήσαμε είναι οχτώ αντιστάσεις, δύο τρανζίστορ τύπων (PNP) και (NPN), δύο λαμπάκια τύπου led πράσινο και κόκκινο, ένα θερμίστορ, ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα ενισχυτή τύπου LM741, μια μεταβλητή αντίσταση, δύο πυκνωτές και ένα σταθεροποιητή τάσης 78L05.



Εικόνα 1.2: Κύκλωμα αισθητήρα θερμοκρασίας

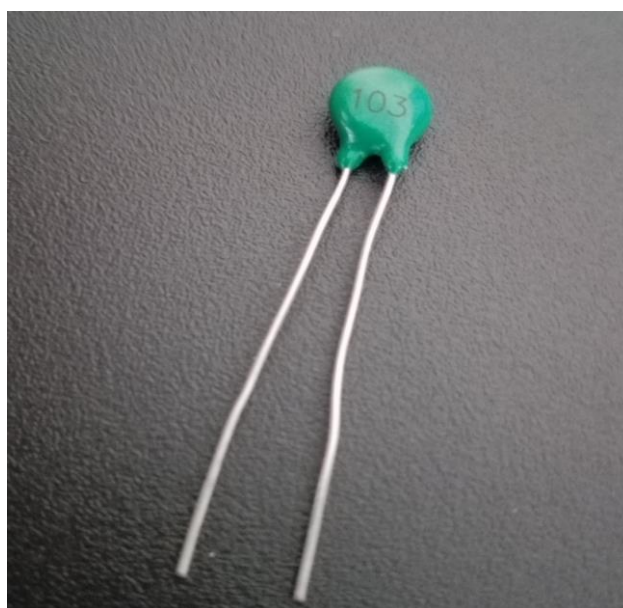
Πηγή:

http://people.cost.cmich.edu/yelam1k/asee/proceedings/2015/Paper%20files/Student_Papers/2015_ASEE_NCS_Conference_submission_71.pdf

Ποιο συγκεκριμένα το θερμίστορ μας είναι (NTC) Negative Temperature Coefficient thermistor, όπου δηλαδή η αντίσταση του μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του. Το συγκεκριμένο μοντέλο θερμίστορ που χρησιμοποιούμε στο κύκλωμά μας είναι 10(KΩ) MF52-103 3435. Ο μαθηματικός τύπος των NTC θερμίστορ αναγράφεται παρακάτω:

$$\beta = \frac{\ln(R/R_0)}{1/T - 1/T_0}$$

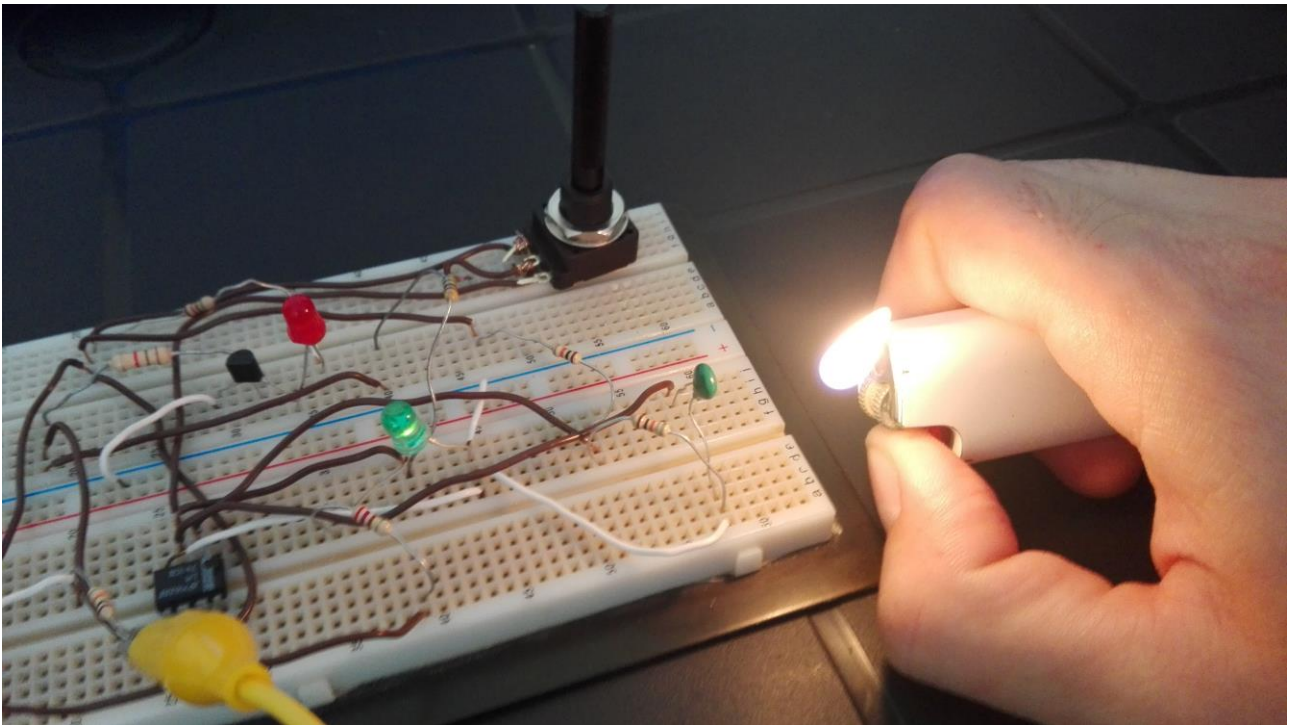
το T_0 δηλώνει θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin (K), R_0 είναι η αντίσταση του θερμίστορ στην θερμοκρασία όπου άγει σε ohms (Ω), T είναι η θερμοκρασία που εξετάζουμε σε βαθμούς Kelvin, R είναι η αντίσταση του θερμίστορ στην συγκεκριμένη θερμοκρασία T , και β είναι η μεταβλητή μας σε Kelvin, με την οποία χρησιμοποιούμε για να δώσουμε το εύρος της θερμοκρασίας-αντίστασης που θέλουμε να υπολογίσουμε. Για το MF52-103 3435 μοντέλο του θερμίστορ, $T_0 = 298.15$ (K) (στους 25°C), $R_0 = 10(\text{K}\Omega)$, και $\beta = 3950(\text{K})$ για το εύρος 25°C με 85°C . Το σφάλμα του θερμίστορ αυτού είναι $\pm 10\%$ της αντίστασης στην δεδομένη θερμοκρασία. Έχοντας υπόψιν την θερμοκρασία όπου το θερμίστορ αρχίζει να άγει στους 25°C είναι $2.5\text{mW}/^\circ\text{C}$. Κάτω από αυτό το όριο το θερμίστορ δεν λειτουργεί. Επίσης προσέχουμε την τάση την οποία θα το τροφοδοτήσουμε καθώς το θερμίστορ θα καταστραφεί.



Εικόνα 1.3: θερμίστορ τύπου MF52-103 3435 10kΩ

Οι δύο 10 kΩ αντιστάσεις δημιουργούν μια στιγμιαία τάση με την οποία συνδέεται στην θέση 4 του ενισχυτή όπως φαίνεται στο σχήμα.

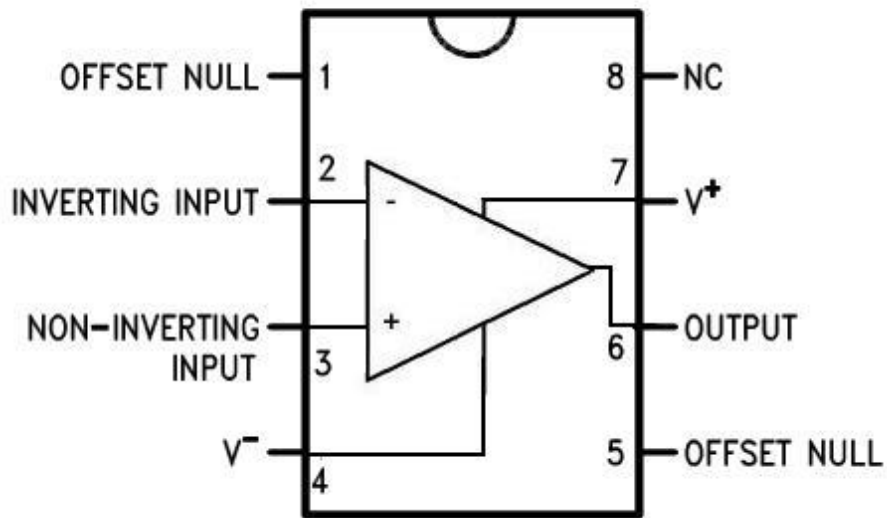
Η μεταβλητή αντίσταση και το θερμίστορ δημιουργούν μια μεταβλητή τιμή στην θέση 7 του ενισχυτή. Όσο το θερμίστορ θερμαίνεται από τους 25 °C έως τους 100 °C, η αντίστασή του μειώνεται από 10kΩ έως 1kΩ.



Εικόνα 1.5: Θέρμανση του θερμίστορ

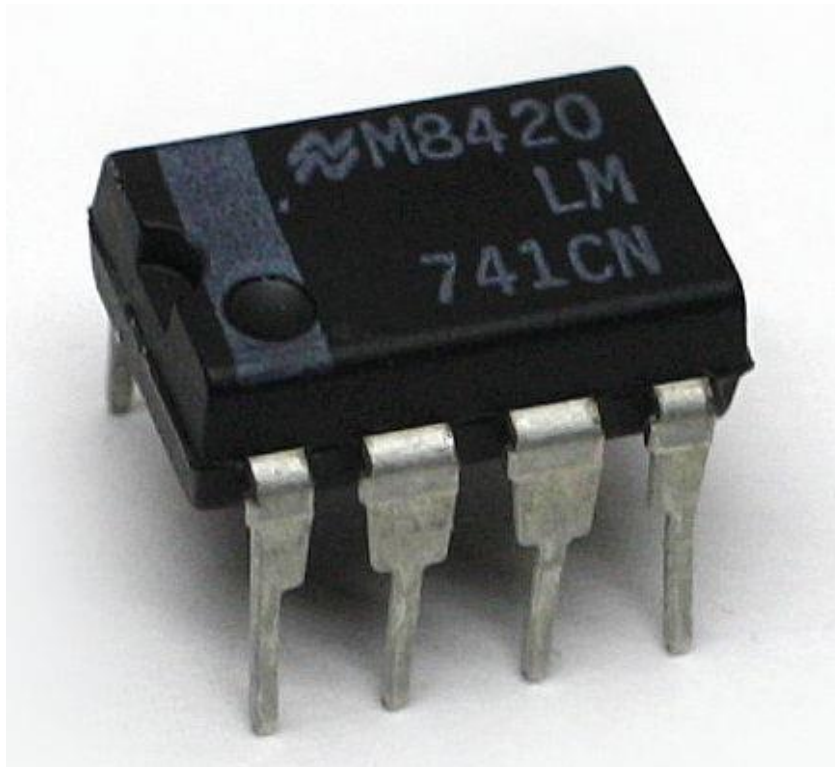
Η χρήση του τελεστικού ενισχυτή που χρησιμοποιήσαμε τύπου LM741CN έχει δύο λειτουργίες. Καθώς η αντίσταση του θερμίστορ είναι μεγαλύτερη από αυτή του ποτενσιόμετρου, η μέτρηση στην έξοδο του ενισχυτή θα είναι 5 volt. Αντίστοιχα στην ανάποδη λειτουργία αν η αντίσταση του θερμίστορ είναι μικρότερη από την τιμή του ποτενσιόμετρου, τότε η έξοδος του ενισχυτή θα είναι 0 volt. Αυτή είναι η χρήση των κόκκινου και πράσινου λαμπτήρα στην λειτουργία του κυκλώματος.

LM741 Pinout Diagram



Εικόνα 1.6: Συνδεσμολογία του ολοκληρωμένου κυκλώματος LM741CN

Πηγή: www.learningaboutelectronics.com/Articles/LM741-op-amp-pinout-connections



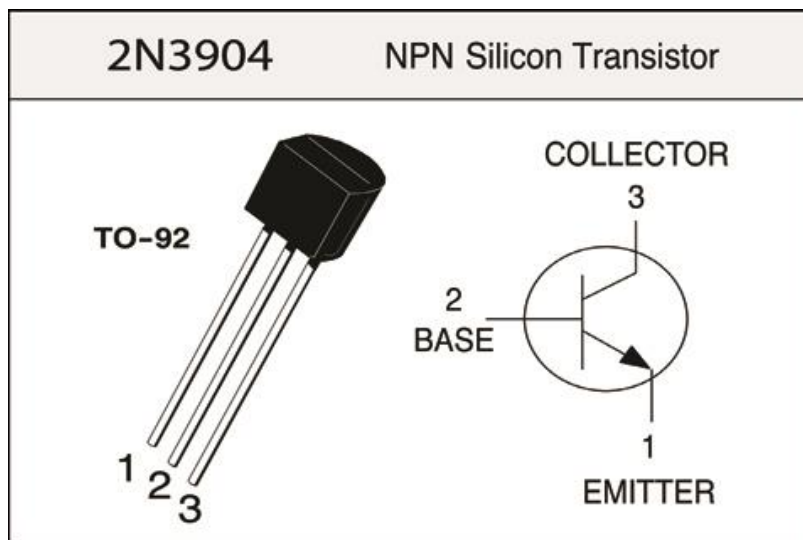
Εικόνα 1.7: Ολοκληρωμένο κύκλωμα LM741CN

Πηγή: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LM741CN.jp>

Έτσι στην έξοδο του κυκλώματος βρίσκονται τα δύο τρανζίστορ συνδεδεμένα με τα λαμπάκια αντίστοιχα.

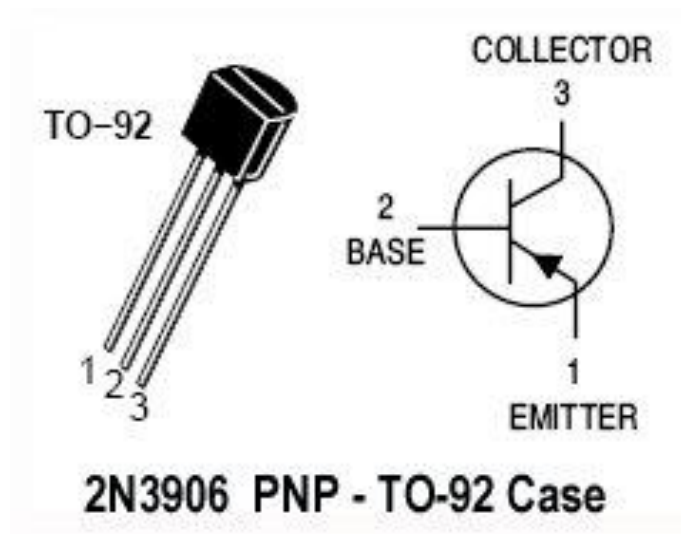
Το NPN τρανζίστορ χρησιμοποιείται για τον φωτισμό του πράσινου λαμπτήρα όταν η έξοδος του ενισχυτή είναι στα 5 volt έτσι ώστε το ρεύμα να διαπεράσει μέσα από αυτό. Όταν η τάση πέσει στα 0 volt, το NPN τρανζίστορ κόβει την τάση εξόδου του ενισχυτή, σβήνοντας επίσης το πράσινο λαμπάκι.

Το PNP τρανζίστορ δουλεύει με τον αντίθετο τρόπο κόβοντας το ρεύμα του ενισχυτή και ανάβοντας το κόκκινο λαμπάκι όταν η έξοδος του ενισχυτή είναι 0 volt.



Εικόνα 1.8: Τρανζίστορ NPN τύπου 2N3904

Πηγή: www.ardushop.ro/en/electronics/307-npn-transistor-2n3904.html

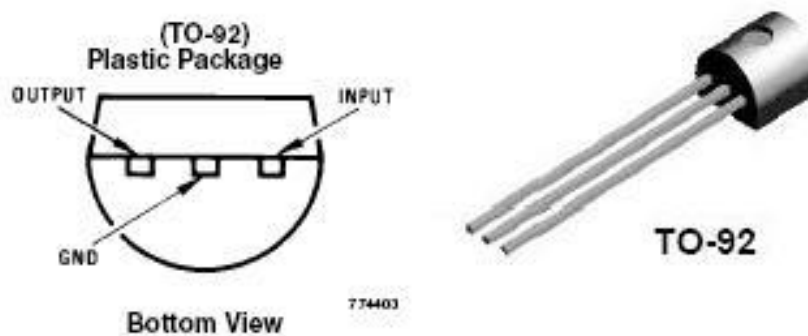


Εικόνα 1.9: Τρανζίστορ PNP τύπου 2N3906

Πηγή: www.electroniccomponents.ecrater.com/p/6796528/50pcs-2n3906-2n-3906-n3906-pnp-to-92

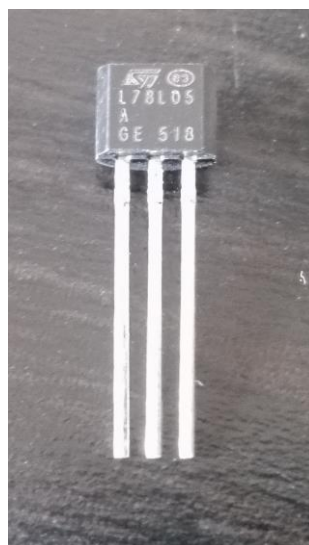
Ο σταθεροποιητής τάσης του τύπου LM78L05 που η όψη του μοιάζει με τρανζίστορ, είναι χρήσιμος για να διατηρήσουμε την τάση σταθερή από τα 12V τροφοδοσίας στα 5V συνοδευόμενος στην είσοδο από έναν πυκνωτή 100μF και στην έξοδο αντίστοιχα από έναν 10μF για την λειτουργία του τελεστικού ενισχυτή. Εφόσον η λειτουργία των διάφορων αισθητήρων στα πλοία είναι χαμηλής τάσεως, τροφοδοτήσαμε το κύκλωμα μας στα 12V.

LM78L05 Voltage Regulator



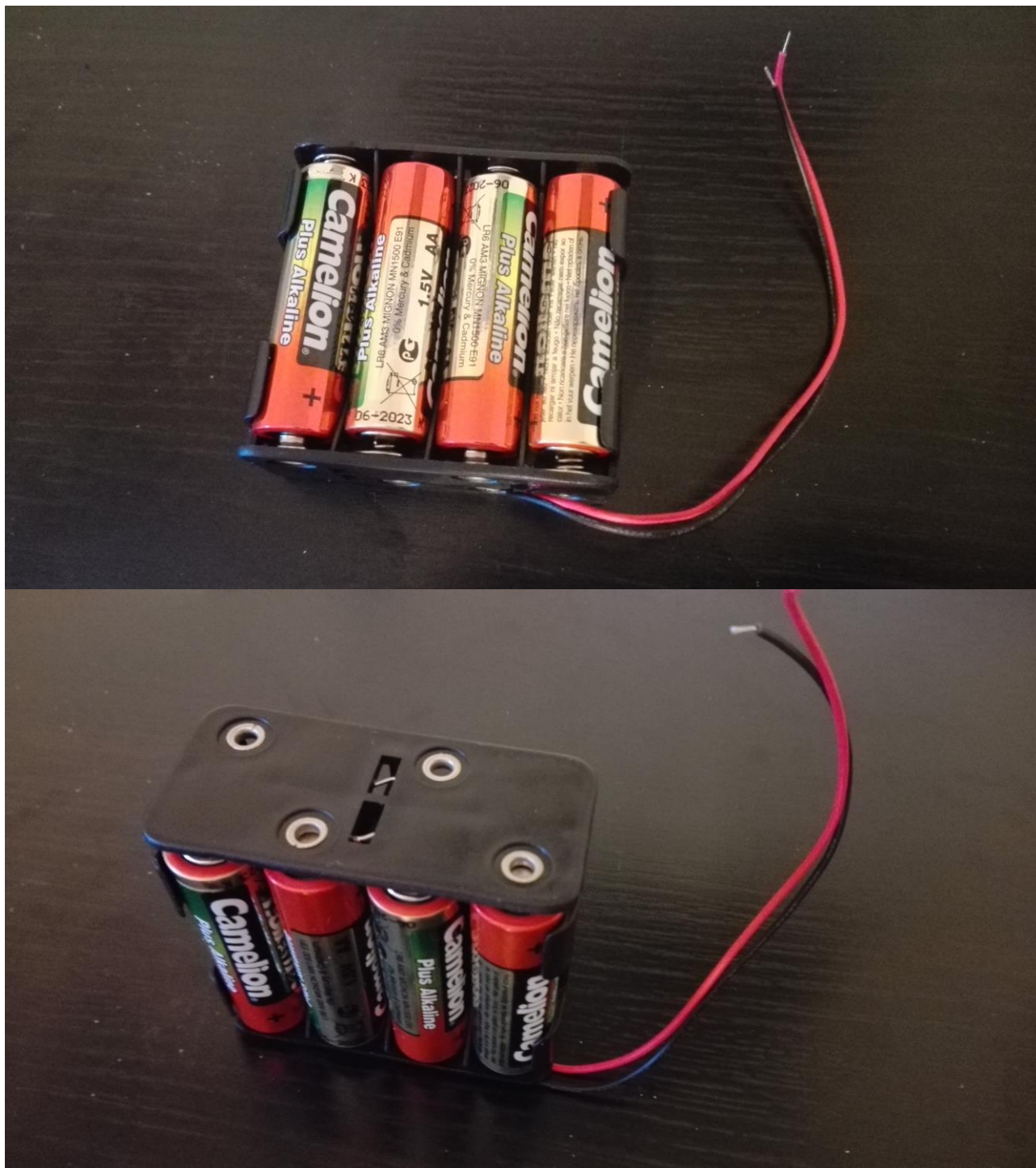
Εικόνα 1.10: σταθεροποιητής τάσης τύπου LM78L05

Πηγή: <https://www.amazon.com/LM78L05-Voltage-Regulator-5v-92/dip/B008PT78GC>



Εικόνα 1.11: Linear Regulator LM78L05

Τέλος, για την τροφοδοσία του κυκλώματος μας και την σύλληψη της τάσης των 12V, χρησιμοποιήσαμε μια μπαταριοθήκη που εξυπηρετεί σειρά μπαταριών τύπου AA των 1,5V η κάθε μια σε σειρά όπως βλέπουμε παρακάτω:

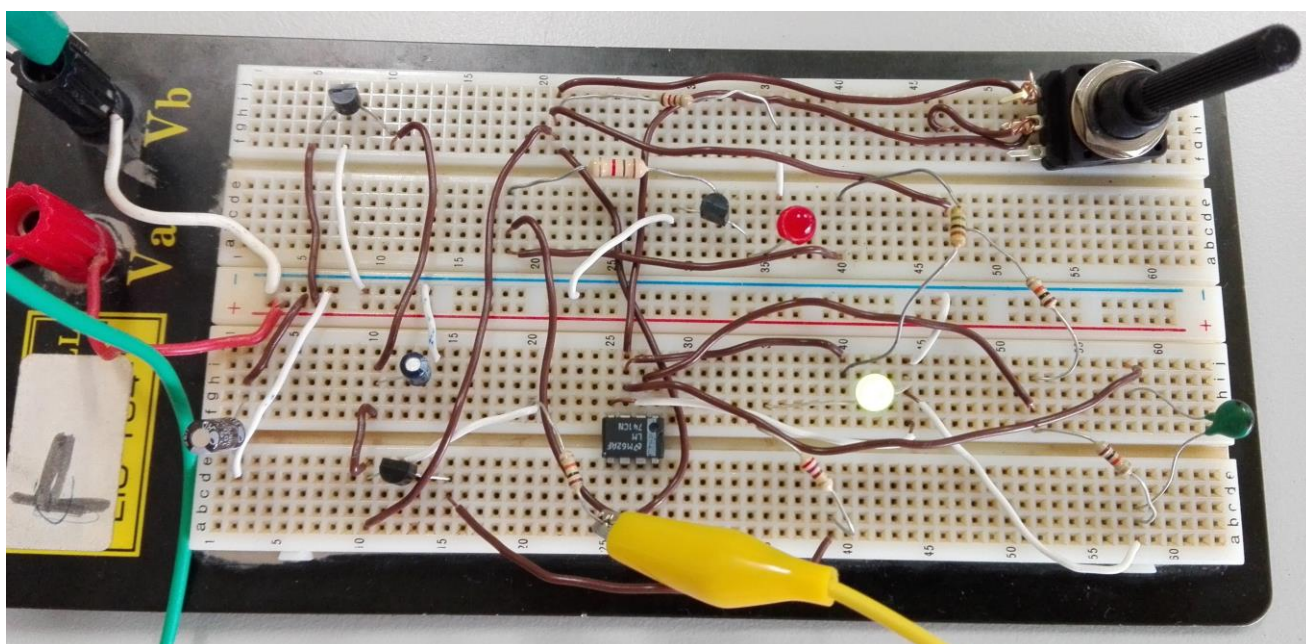


Εικόνα 1.12: Μπαταρίες σε σειρά

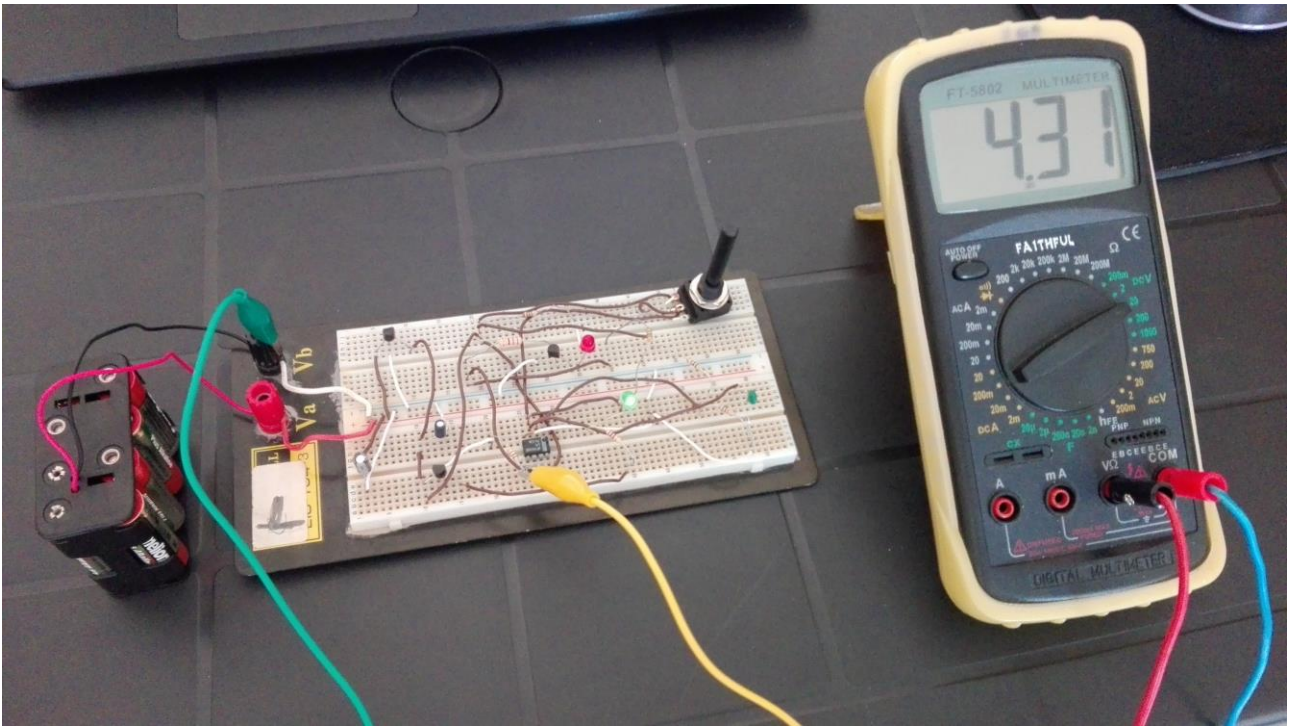
Κεφάλαιο 2

Υλοποίηση του κυκλώματος

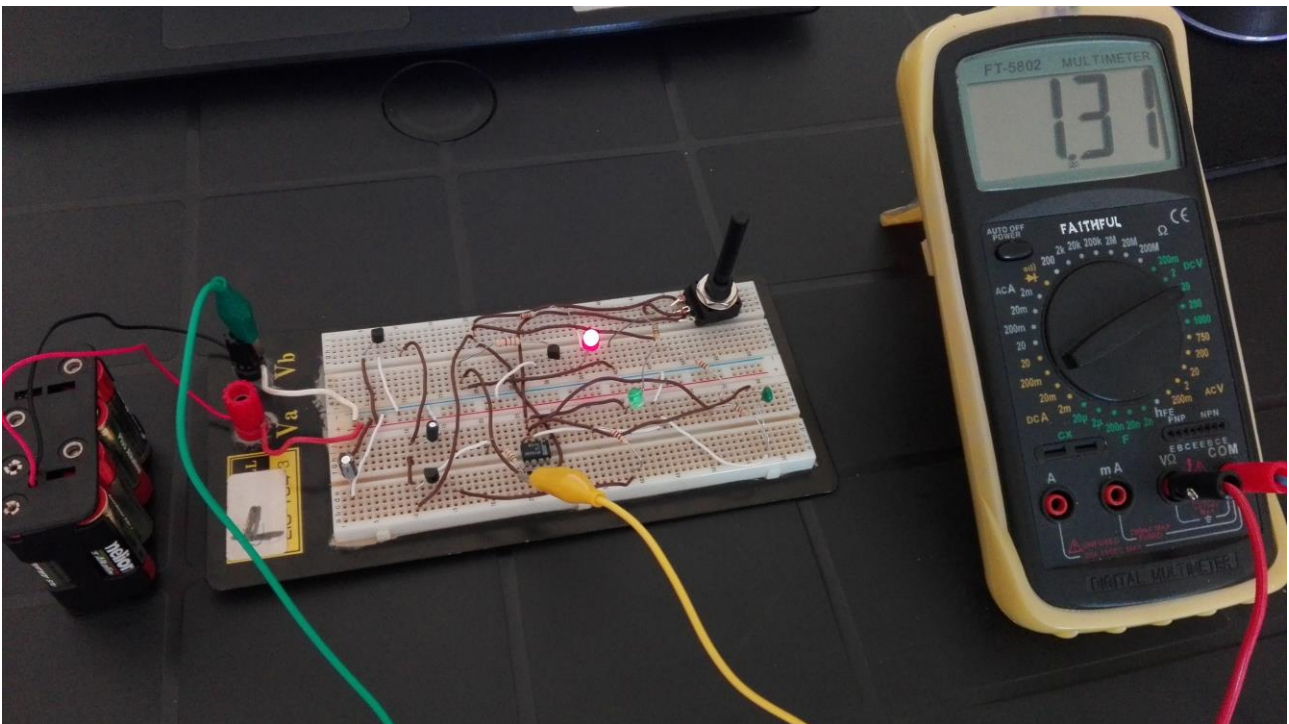
Αφού συγκεντρώσαμε όλα τα απαραίτητα ηλεκτρονικά εξαρτήματα βλέποντας το παραπάνω σχήμα του κυκλώματος κατασκευάσαμε σε πρώτη φάση το κύκλωμα πάνω σε ράστερ όπου το τροφοδοτήσαμε με τάση 12V.



Εικόνα 2.1: Κατασκευή κυκλώματος σε ράστερ



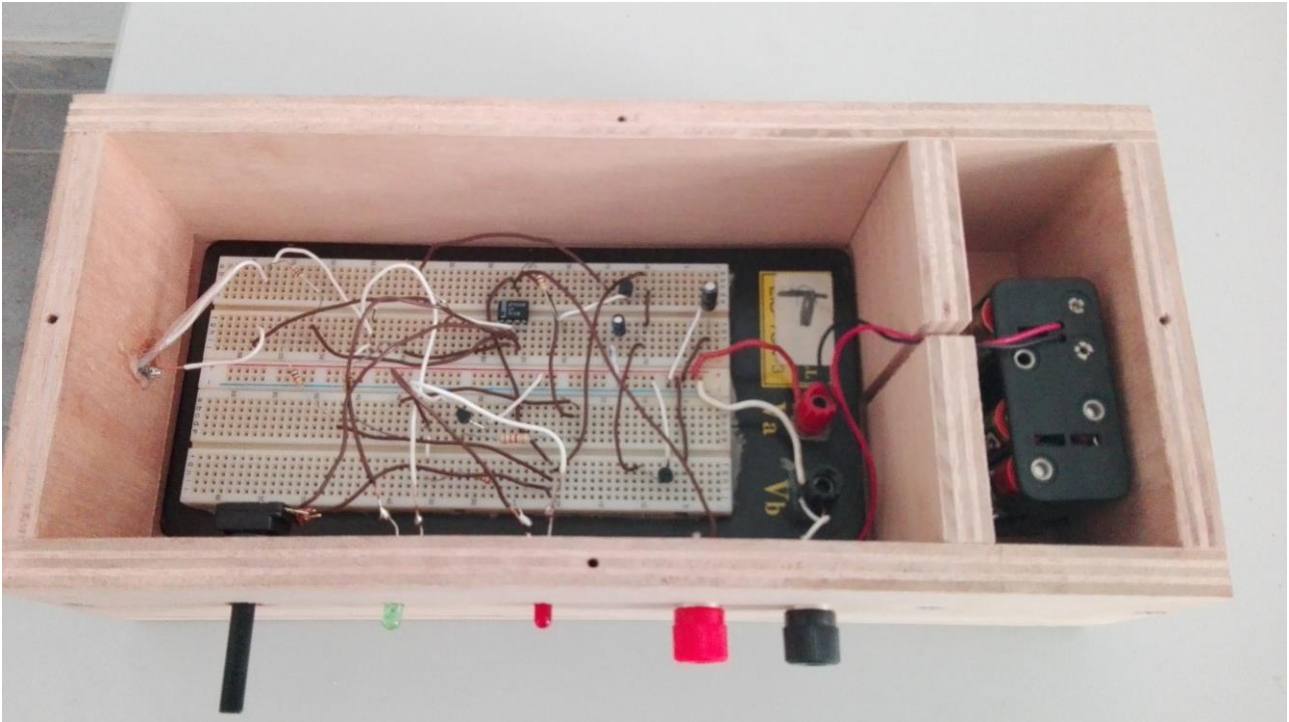
Εικόνα 2.2: Όταν η θερμοκρασία μας είναι στα επιθυμητά όρια



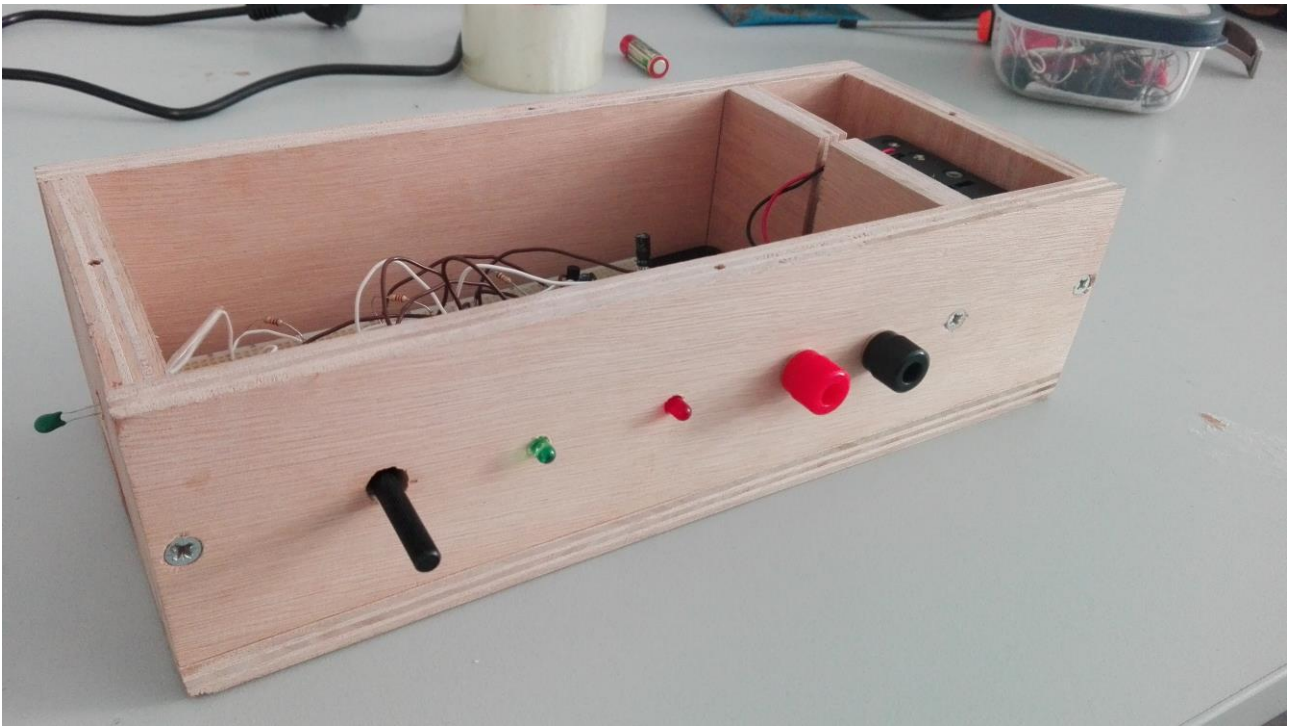
Εικόνα 2.3: Όταν βρισκόμαστε στα όρια της υπερθέρμανσης

Με το πολύμετρο μας μετράμε με το ένα άκρο την έξοδο του ενισχυτή και με το άλλο την γείωση, στην προκειμένη περίπτωση το (-) της τροφοδοσίας μας, έτσι ώστε να δούμε την διαφορά δυναμικού στην λειτουργία του κυκλώματός μας.

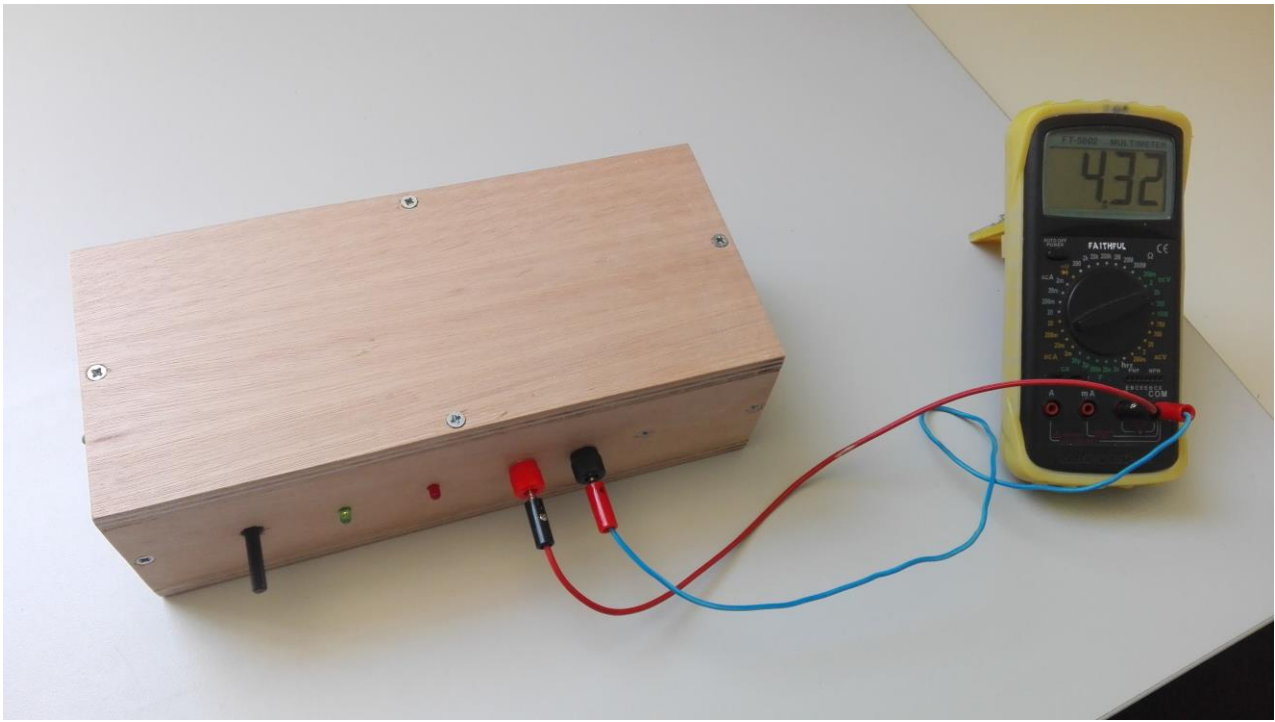
Έπειτα αφού είδαμε ότι το κύκλωμά μας λειτουργεί, το τοποθετήσαμε σε μια ξύλινη κατασκευή, βγάζοντας εξωτερικά τους 2 ακροδέκτες (+) και (-), τα δύο λαμπάκια μας, το ροοστάτη και το θερμίστορ για μετρήσεις οι οποίες μπορούν να ληφθούν αργότερα.

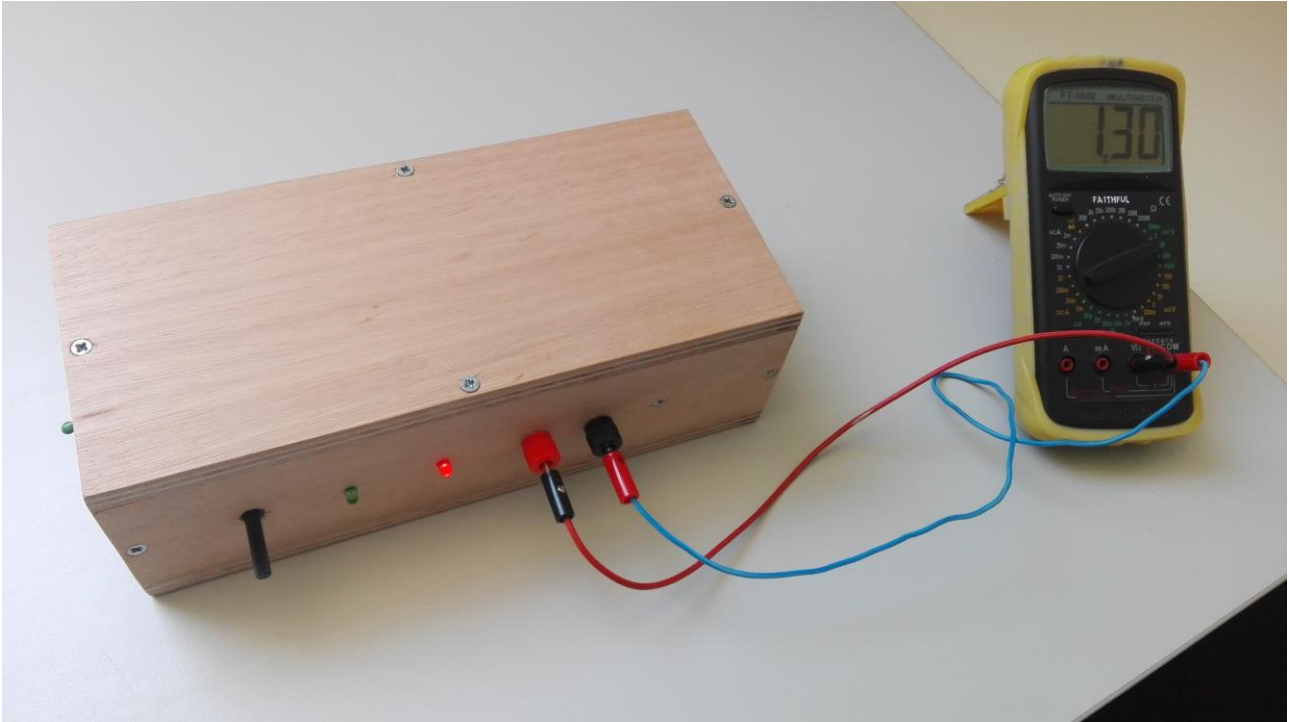


Εικόνα 2.4: Τοποθέτηση κυκλώματος σε ξύλινη κατασκευή



Εικόνα 2.5: Ο αισθητήρας σε λειτουργία





Εικόνα 2.7: Στη φάση της υπερθέρμανσης

Κεφάλαιο 3

Ανάλυση του Κόστους κατασκευής

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε το συνολικό κόστος κατασκευής του κυκλώματος και την διαμόρφωση κάθε εξαρτήματος σε πίνακα.

Αριθμός Εξαρτήματος	Περιγραφή	Ποσότητα	Κόστος (€)
M8420-LM741C	Τελεστικός ενισχυτής(ολοκληρωμένο)	1	0,49
70622571	Μπατ/θήκη E2 AA 8M ΠΑ	1	0,76
CAM-LR6-4	Μπαταρίες AA 1,5V	8	4,00
REG-78L05	Σταθεροποιητής Τάσεως 5V	1	0,25
2N-3906	PNP Τρανζίστορ	1	0,10
2N-3904	NPN Τρανζίστορ	1	0,20
LED RED	LED 5mm κόκκινο	1	0,10
LED GREEN	LED 5mm πράσινο	1	0,10
MF52-103 3435	Θερμίστορ 10kΩ	1	0,40
PEC 100μF 63V	Πυκνωτής 100μF	1	0,10
ELNA 100Mf 100V	Πυκνωτής 10μF	1	0,05
RESISTOR	Αντίσταση 150Ω	1	0,06
RESISTOR	Αντίσταση 1kΩ	1	0,12
RESISTOR	Αντίσταση 10kΩ	3	0,60
RESISTOR	Αντίσταση 200Ω	1	0,08
RESISTOR	Αντίσταση 1MΩ	1	0,20
EL.WIRE	Καλώδιο 0,5mm	2	0,60

ΣΥΝΟΛΟ			8,21

Επίλογος – Συμπεράσματα

Σύμφωνα με την υλοποίηση και την πλήρη κατανόηση του κυκλώματος, συμπεράναμε πώς έχει πολύ σημαντικό ρόλο η χρήση ενός τέτοιου κυκλώματος και η τοποθέτησή του πάνω σε μια εγκατάσταση, η οποία μπορεί να καταστραφεί από υψηλές θερμοκρασίες που ξεπερνάνε το επιθυμητό όριο λειτουργίας τους.

Υπάρχουν πολλές χρήσεις αυτού του κυκλώματος που κατασκευάσαμε, και η εφαρμογή του πάνω στα εμπορικά πλοία είναι εξίσου απαραίτητη, αν σκεφτούμε πως η παρακολούθηση όλων των μηχανών, βοηθητικών μηχανημάτων, αντλιών κλπ., γίνεται μέσω διαφόρων αισθητήρων πιέσεων και θερμοκρασιών.

Η τοποθέτηση του συγκεκριμένου αισθητήρα αλλά σε ποιο εξελιγμένη μορφή του, μπορεί να τοποθετηθεί για τον έλεγχο του δικτύου ψύξεως γλυκού νερού της κύριας μηχανής πρόωσης του πλοίου.

Δηλαδή αν η θερμοκρασία του εξερχομένου νερού από το ψυγείο της μηχανής είναι πάνω από το όριο, η τριοδική βαλβίδα ελέγχου δεν επιτρέπει το νερό να περάσει εντός της μηχανής με αποτέλεσμα να το επιστρέφει πίσω στο ψυγείο. Το αντίστοιχο μπορεί να επιτευχθεί αν το νερό είναι χαμηλότερο της επιθυμητής θερμοκρασίας όπου το επανακυκλοφορεί στο δίκτυο χωρίς την διέλευσή του εντός του ψυγείου.

Τελικά, παρατηρήσαμε πως μέσα από ένα μικρό κόστος αγοράς φθηνών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, μπορεί να επιτευχθεί μια τέτοιου είδους κατασκευή, που έχει ως σκοπό την αποφυγή της υπερθέρμανσης και καταστροφής κρίσιμων εγκαταστάσεων αλλά και μηχανών.

Βιβλιογραφία

1. Proceedings of the 2015 ASEE North Central Section Conference “American Society for Engineering Education”
2. <https://el.wikipedia.org/wiki/Θερμίστορ>
3. http://users.sch.gr/iliaslamprou/images/stories/askiseis_diafores/PLC%20-%20Temperature_analog_sensor.pdf
4. http://www.electronics-tutorials.ws/io/io_3.html
5. <http://www.eleccircuit.com/car-overheating-alarm/>
6. http://people.cost.cmich.edu/yelam1k/asee/proceedings/2015/Paper%20files/Student_Papers/2015_ASEE_NCS_Conference_submission_71.pdf
7. www.learningaboutelectronics.com/Articles/LM741-op-amp-pinout-connections
8. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LM741CN.jp>
9. www.ardushop.ro/en/electronics/307-npn-transistor-2n3904.html
10. www.electroniccomponents.ecrater.com/p/6796528/50pcs-2n3906-2n-3906-n3906-pnp-to-92
11. <https://www.amazon.com/LM78L05-Voltage-Regulator-5v-92/dip/B008PT78GC>

Παράρτημα

Σε αυτή την ενότητα επισυνάπτονται τα παρακάτω data sheet των κάθε ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.

1. Thermistor MF52-103-3435 **Πηγή:** <http://www.eaa.net.au/PDF/Hitech/MF52type.pdf>
2. Operation Amplifier LM741CN **Πηγή:** <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/53590/FAIRCHILD/LM741CN.html>
3. Transistor NPN 2N-3904 **Πηγή:** <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/15077/PHILIPS/2N3904.html>
4. Transistor PNP 2N-3906 **Πηγή:** <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/15078/PHILIPS/2N3906.html>



NTC THERMISTOR OF MF52-TYPE **SERIES SPECIFICATION**

*** Outline :**

The MF52 thermistor is a small-sized, epoxy-resin coated NTC resistor made from new-type material with new craftsmanship. It is featured with advantages including high precision and quick reaction.

*** Application :**

Air conditioners, heating facilities, electronic thermometers, fluid level sensors, automobile electronics and electronic table-calendars.

*** Features :**

1. High testing precision;
2. Small and quick in reaction;
3. Long and good service;
4. Good interconvertibility and consistency.

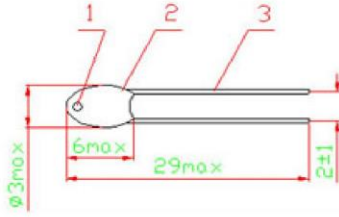
*** Part NO. :**

MF52 E 103 H L 347

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

- ① Drop-like NTC thermistor
- ② E : Epoxy-resin coated package S : Silicone coated package
- ③ R25: 10K Ω -103
- ④ Tolerance: F : $\pm 1\%$ G : $\pm 2\%$ H : $\pm 30\%$ J : $\pm 5\%$ K : $\pm 10\%$
- ⑤ L : B25/50 H : B25/85 T : Special
- ⑥ B-value : 347 : 3470 338 : 3380 we adopted the former three digits

*** Dimensions(mm) :**



*** Specification**

Model	R25	B value	Dissipation	Time Constant	Temperature Range
MF52	100 Ω -10K Ω	3100K			
MF52	200 Ω -10K Ω	3270K			
MF52	500 Ω -15K Ω	3470K			
MF52	1K Ω -50K Ω	3600K	$\geq 2.5\text{mW}/^\circ\text{C}$	$\leq 7\text{S}$	-40 $^\circ\text{C}$ ~+120 $^\circ\text{C}$
MF52	5K Ω -50K Ω	3950K	in static air	in static air	
MF52	10K Ω -100K Ω	4050K			
MF52	10K Ω -100K Ω	4150K			
MF52	20K Ω -500K Ω	4300K			

Remarks:

- 1) Tolerance of the resistance: F : $\pm 1\%$ G : $\pm 2\%$ H : $\pm 3\%$ J : $\pm 5\%$ K : $\pm 10\%$.
- 2) The Tolerance of the B-value is $\pm 1\%$ in response with a rated resistance for which the precision is $\pm 1\%$, The tolerance of B-value is $\pm 2\%$ under other circumstances.
- 3) Products with specifications unmentioned in the table above are available upon customers' request.

*** Cautions :**

- 1) The two ends of the lead is not supposed to be loaded with excess pulling stress,owing to the small size and small welding spot of MF52-srs products.
- 2) Soldering is supposed to be done 5mm away from the root of the lead,and only for a brief moment.
- 3) Thermistor of MF52-srs are not supposed to be exposed directly in water while working.

LM741

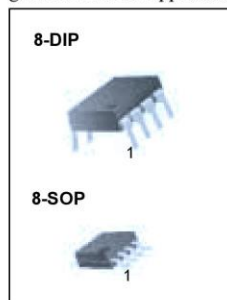
Single Operational Amplifier

Features

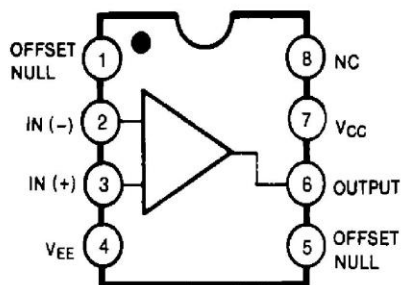
- Short circuit protection
- Excellent temperature stability
- Internal frequency compensation
- High Input voltage range
- Null of offset

Description

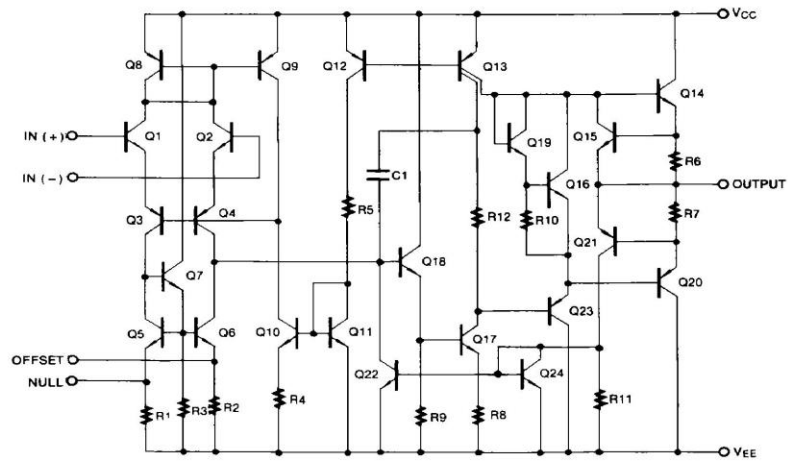
The LM741 series are general purpose operational amplifiers. It is intended for a wide range of analog applications. The high gain and wide range of operating voltage provide superior performance in integrator, summing amplifier, and general feedback applications.



Internal Block Diagram



Schematic Diagram



Absolute Maximum Ratings (TA = 25°C)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V _{CC}	±18	V
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	30	V
Input Voltage	V _I	±15	V
Output Short Circuit Duration	-	Indefinite	-
Power Dissipation	P _D	500	mW
Operating Temperature Range LM741C LM741I	T _{OPR}	0 ~ + 70 -40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	T _{STG}	-65 ~ + 150	°C

Electrical Characteristics

($0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 70^{\circ}\text{C}$ $V_{CC} = \pm 15\text{V}$, unless otherwise specified)

The following specification apply over the range of $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$ for the LM741C; and the $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for the LM741I

Parameter	Symbol	Conditions	LM741C/LM741I			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V_{IO}	$R_S \leq 50\Omega$	-	-	-	mV	
		$R_S \leq 10\text{K}\Omega$	-	-	7.5		
Input Offset Voltage Drift	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	-	-	-	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	
Input Offset Current	I_{IO}	-	-	-	300	nA	
Input Offset Current Drift	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	-	-	-	nA/ $^{\circ}\text{C}$	
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	-	0.8	μA	
Input Resistance (Note1)	R_I	$V_{CC} = \pm 20\text{V}$	-	-	-	M Ω	
Input Voltage Range	$V_{I(R)}$	-	± 12	± 13	-	V	
Output Voltage Swing	$V_{O(P-P)}$	$V_{CC} = \pm 20\text{V}$	$R_S \geq 10\text{K}\Omega$	-	-	-	V
			$R_S \geq 2\text{K}\Omega$	-	-	-	
		$V_{CC} = \pm 15\text{V}$	$R_S \geq 10\text{K}\Omega$	± 12	± 14	-	
			$R_S \geq 2\text{K}\Omega$	± 10	± 13	-	
Output Short Circuit Current	I_{SC}	-	10	-	40	mA	
Common Mode Rejection Ratio	CMRR	$R_S \leq 10\text{K}\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$	70	90	-	dB	
		$R_S \leq 50\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$	-	-	-		
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_{CC} = \pm 20\text{V}$ to $\pm 5\text{V}$	$R_S \leq 50\Omega$	-	-	-	dB
			$R_S \leq 10\text{K}\Omega$	77	96	-	
Large Signal Voltage Gain	G_V	$R_S \geq 2\text{K}\Omega$	$V_{CC} = \pm 20\text{V}$, $V_{O(P-P)} = \pm 15\text{V}$	-	-	-	V/mV
			$V_{CC} = \pm 15\text{V}$, $V_{O(P-P)} = \pm 10\text{V}$	15	-	-	
			$V_{CC} = \pm 15\text{V}$, $V_{O(P-P)} = \pm 2\text{V}$	-	-	-	

Note :

1. Guaranteed by design.

Typical Performance Characteristics

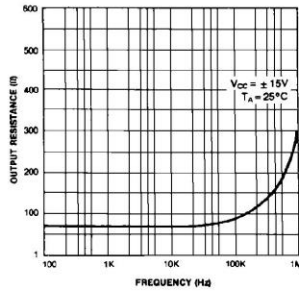


Figure 1. Output Resistance vs Frequency

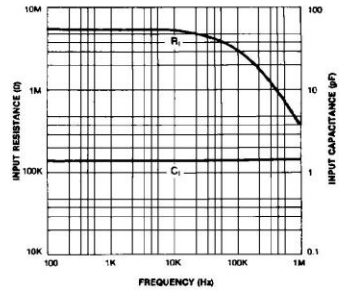


Figure 2. Input Resistance and Input Capacitance vs Frequency

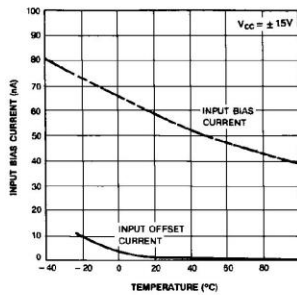


Figure 3. Input Bias Current vs Ambient Temperature

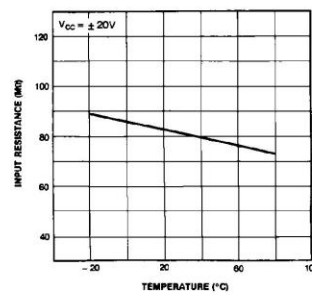


Figure 4. Power Consumption vs Ambient Temperature

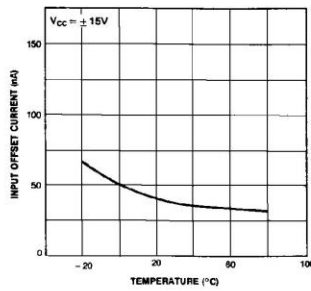


Figure 5. Input Offset Current vs Ambient Temperature

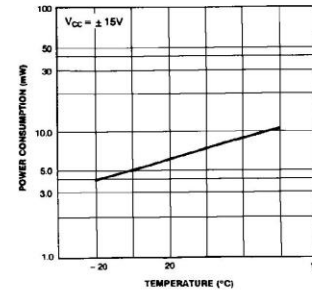
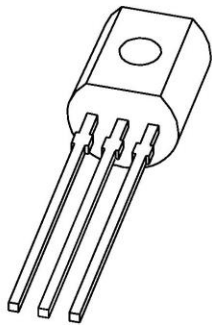


Figure 6. Input Resistance vs Ambient Temperature

DATA SHEET



2N3904 NPN switching transistor

Product specification
Supersedes data of 1997 Jul 15

1999 Apr 23

Philips
Semiconductors



PHILIPS

NPN switching transistor**2N3904****FEATURES**

- Low current (max. 200 mA)
- Low voltage (max. 40 V).

APPLICATIONS

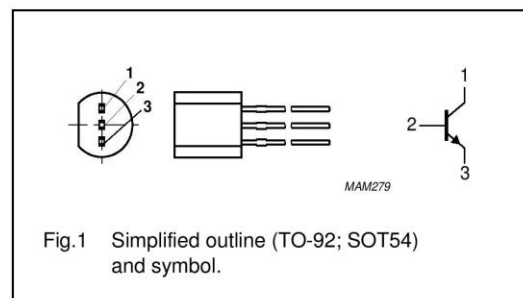
- High-speed switching.

DESCRIPTION

NPN switching transistor in a TO-92; SOT54 plastic package. PNP complement: 2N3906.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	collector
2	base
3	emitter

**LIMITING VALUES**

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage	open emitter	–	60	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base	–	40	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	–	6	V
I_C	collector current (DC)		–	200	mA
I_{CM}	peak collector current		–	300	mA
I_{BM}	peak base current		–	100	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25\text{ °C}$; note 1	–	500	mW
T_{stg}	storage temperature		–65	+150	°C
T_j	junction temperature		–	150	°C
T_{amb}	operating ambient temperature		–65	+150	°C

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

NPN switching transistor

2N3904

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th\ j-a}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	250	K/W

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

CHARACTERISTICS

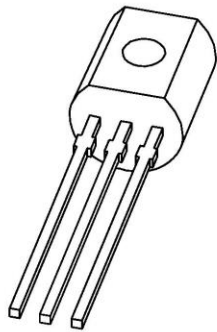
 $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector cut-off current	$I_E = 0$; $V_{CB} = 30\text{ V}$	–	50	nA
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_C = 0$; $V_{EB} = 6\text{ V}$	–	50	nA
h_{FE}	DC current gain	$V_{CE} = 1\text{ V}$; note 1 $I_C = 0.1\text{ mA}$ $I_C = 1\text{ mA}$ $I_C = 10\text{ mA}$ $I_C = 50\text{ mA}$ $I_C = 100\text{ mA}$	60 80 100 60 30	– – 300 – –	
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 10\text{ mA}$; $I_B = 1\text{ mA}$; note 1 $I_C = 50\text{ mA}$; $I_B = 5\text{ mA}$; note 1	–	200 200	mV mV
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage	$I_C = 10\text{ mA}$; $I_B = 1\text{ mA}$; note 1 $I_C = 50\text{ mA}$; $I_B = 5\text{ mA}$; note 1	–	850 950	mV mV
C_c	collector capacitance	$I_E = I_e = 0$; $V_{CB} = 5\text{ V}$; $f = 1\text{ MHz}$	–	4	pF
C_e	emitter capacitance	$I_C = I_c = 0$; $V_{EB} = 500\text{ mV}$; $f = 1\text{ MHz}$	–	8	pF
f_T	transition frequency	$I_C = 10\text{ mA}$; $V_{CE} = 20\text{ V}$; $f = 100\text{ MHz}$	300	–	MHz
F	noise figure	$I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$; $V_{CE} = 5\text{ V}$; $R_S = 1\text{ k}\Omega$; $f = 10\text{ Hz}$ to 15.7 kHz	–	5	dB
Switching times (between 10% and 90% levels); see Fig.2					
t_{on}	turn-on time	$I_{Con} = 10\text{ mA}$; $I_{Bon} = 1\text{ mA}$; $I_{Boff} = -1\text{ mA}$	–	65	ns
t_d	delay time		–	35	ns
t_r	rise time		–	35	ns
t_{off}	turn-off time		–	240	ns
t_s	storage time		–	200	ns
t_f	fall time		–	50	ns

Note

1. Pulse test: $t_p \leq 300\text{ }\mu\text{s}$; $\delta \leq 0.02$.

DATA SHEET



2N3906 PNP switching transistor

Product specification
Supersedes data of 1997 Jun 20

1999 Apr 23

Philips
Semiconductors



PHILIPS

PNP switching transistor**2N3906****FEATURES**

- Low current (max. 200 mA)
- Low voltage (max. 40 V).

APPLICATIONS

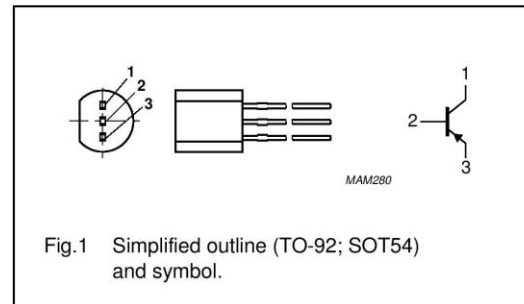
- High-speed switching in industrial applications.

DESCRIPTION

PNP switching transistor in a TO-92; SOT54 plastic package. NPN complement: 2N3904.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	collector
2	base
3	emitter

**LIMITING VALUES**

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage	open emitter	–	–40	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base	–	–40	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	–	–6	V
I_C	collector current (DC)		–	–200	mA
I_{CM}	peak collector current		–	–300	mA
I_{BM}	peak base current		–	–100	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25\text{ }^\circ\text{C}$	–	500	mW
T_{stg}	storage temperature		–65	+150	$^\circ\text{C}$
T_j	junction temperature		–	150	$^\circ\text{C}$
T_{amb}	operating ambient temperature		–65	+150	$^\circ\text{C}$

PNP switching transistor

2N3906

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th\ j-a}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	250	K/W

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

CHARACTERISTICS

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector cut-off current	$I_E = 0; V_{CB} = -30\text{ V}$	–	–50	nA
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = -6\text{ V}$	–	–50	nA
h_{FE}	DC current gain	$V_{CE} = -1\text{ V}$; note 1; see Fig.2 $I_C = -0.1\text{ mA}$ $I_C = -1\text{ mA}$ $I_C = -10\text{ mA}$ $I_C = -50\text{ mA}$ $I_C = -100\text{ mA}$	60 80 100 60 30	– – 300 – –	
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	$I_C = -10\text{ mA}; I_B = -1\text{ mA}$; note 1 $I_C = -50\text{ mA}; I_B = -5\text{ mA}$; note 1	– –	–200 –200	mV mV
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage	$I_C = -10\text{ mA}; I_B = -1\text{ mA}$; note 1 $I_C = -50\text{ mA}; I_B = -5\text{ mA}$; note 1	– –	–850 –950	mV mV
C_C	collector capacitance	$I_E = i_e = 0; V_{CB} = -5\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	–	4.5	pF
C_e	emitter capacitance	$I_C = i_c = 0; V_{EB} = -500\text{ mV}; f = 1\text{ MHz}$	–	10	pF
f_T	transition frequency	$I_C = -10\text{ mA}; V_{CE} = -20\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	250	–	MHz
F	noise figure	$I_C = -100\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = -5\text{ V}; R_S = 1\text{ k}\Omega$; $f = 10\text{ Hz to }15.7\text{ kHz}$	–	4	dB
Switching times (between 10% and 90% levels); see Fig.3					
t_{on}	turn-on time	$I_{Con} = -10\text{ mA}; I_{Bon} = -1\text{ mA}; I_{Boff} = 1\text{ mA}$	–	65	ns
t_d	delay time		–	35	ns
t_r	rise time		–	35	ns
t_{off}	turn-off time		–	300	ns
t_s	storage time		–	225	ns
t_f	fall time		–	75	ns

Note

1. Pulse test: $t_p \leq 300\text{ }\mu\text{s}$; $\delta \leq 0.02$.

Περιεχόμενα

Περίληψη	3
Abstract	4
Πρόλογος	5-6
Κεφάλαιο 1: Υλικά κατασκευής	7-13
Κεφάλαιο 2: Υλοποίηση του κυκλώματος.....	14-19
Κεφάλαιο 3: Ανάλυση του κόστους κατασκευής	20-21
Επίλογος - Συμπεράσματα	22
Βιβλιογραφία.....	23
Παράρτημα.....	24-36