



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρ. Μηχ/κών και Μηχ/κών Υπολογιστών

2021-22

**Εργασία Εργαστηρίου Τεχνικών Συσκευασίας
Ηλεκτρονικών Συστημάτων**

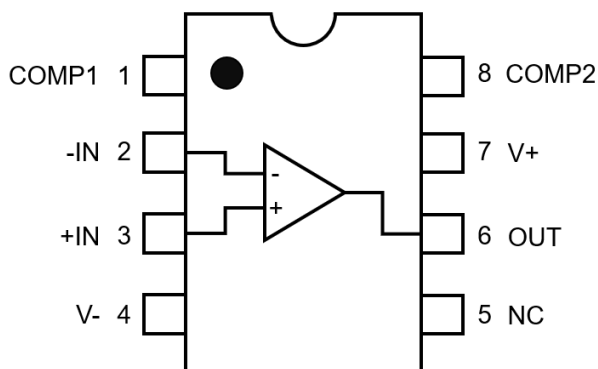
για το μάθημα

«Μικροηλεκτρονική και Τεχνικές Συσκευασίας»

του 7ου εξαμήνου

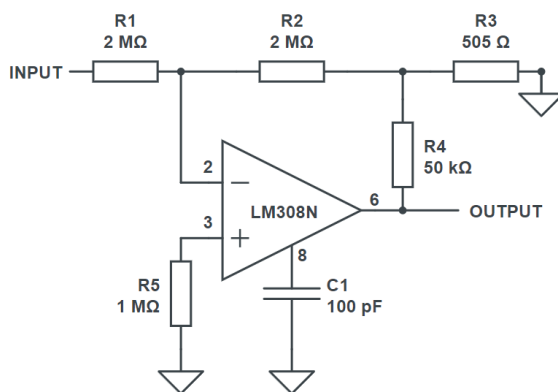
Βαϊδάνης Συμεών	03118005
Ηλιόπουλος Γεώργιος	03118815
Ράτσα Ηλίας	03118817
Σπανός Νικόλαος	03118822

Επιλέξαμε να σχεδιάσουμε ένα κύκλωμα ενίσχυσης χρησιμοποιώντας το ολοκληρωμένο κύκλωμα LM308N, η top view του οποίου φαίνεται στην εικόνα 1.



Εικόνα 1. Top View του LM308N

Η συνδεσμολογία που χρησιμοποιήσαμε φαίνεται στην εικόνα 2. Το συγκεκριμένο κύκλωμα είναι ένα αναστρέφων ενισχυτής με πολύ υψηλή αντίσταση εισόδου.



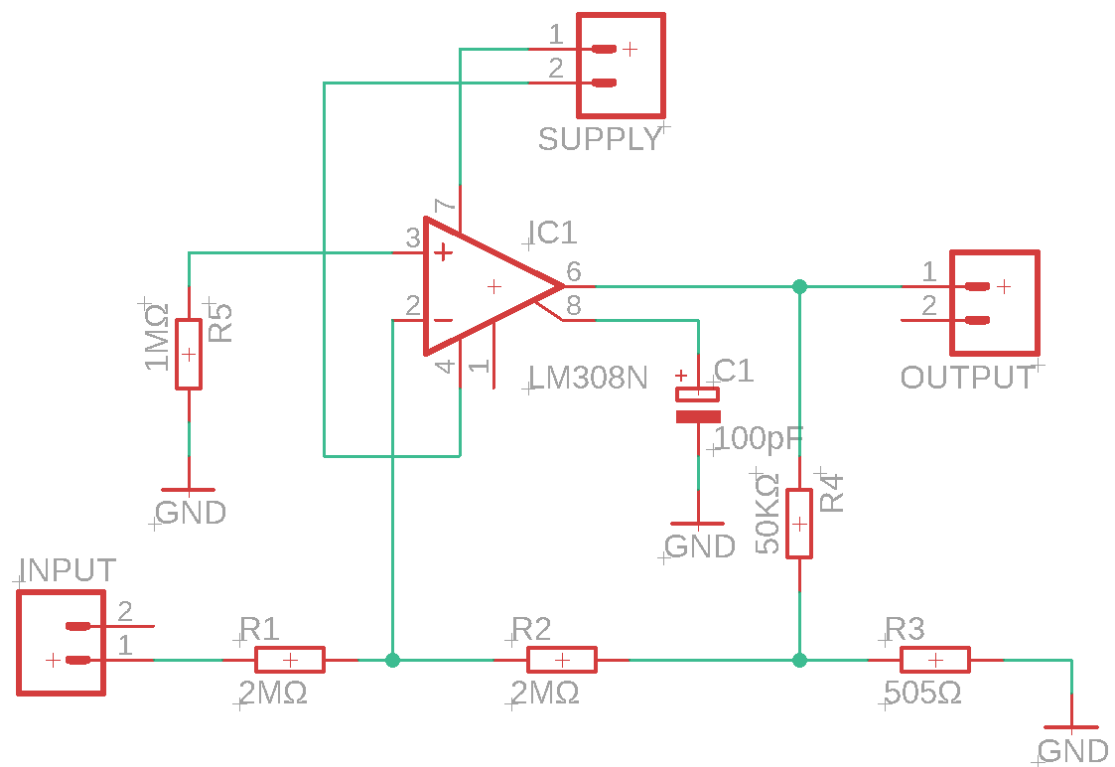
Εικόνα 2. Το προς κατασκευή κύκλωμα

Το κέρδος του συγκεκριμένου ενισχυτή δίνεται από τον τύπο:

$$A_V = \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_1 R_3}$$

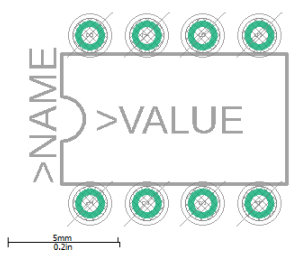
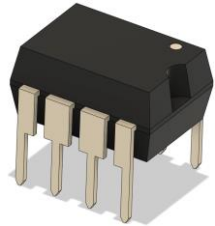

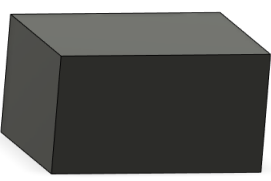
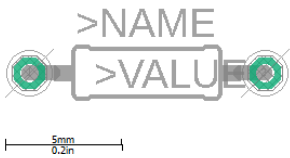
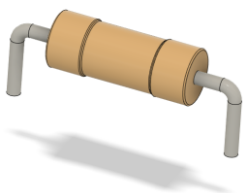
Αντικαθιστώντας τις τιμές των αντιστάσεων που χρησιμοποιήσαμε, δηλαδή $R_1 = 2M\Omega$, $R_2 = 2M\Omega$, $R_3 = 505\Omega$, $R_4 = 50k\Omega$, $R_5 = 1M\Omega$ και $C_1 = 100pF$ βρίσκουμε πως $A_V = 100.0099V/V$.

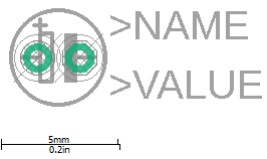

Αρχικά σχεδιάσαμε το παραπάνω κύκλωμα στο λογισμικό Eagle όπως φαίνεται στην εικόνα 3.



Εικόνα 3. Το κύκλωμα στο λογισμικό Eagle

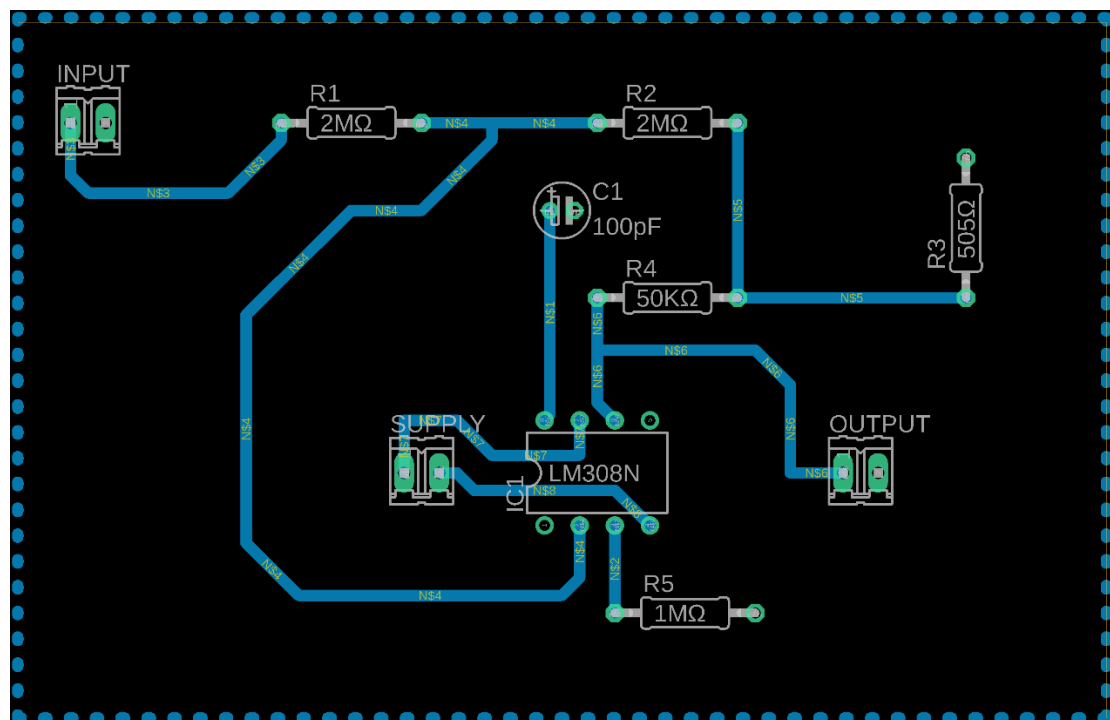
Στον πίνακα 1 φαίνονται αναλυτικά οι κωδικοί των στοιχείων που χρησιμοποιήσαμε.

AMPLIFIER	LM308N		
INPUT OUTPUT SUPPLY	M02		
RESISTORS	R-EU0207/10		

CAPACITOR	CPOL-EUE1.8-4		
-----------	---------------	---	---

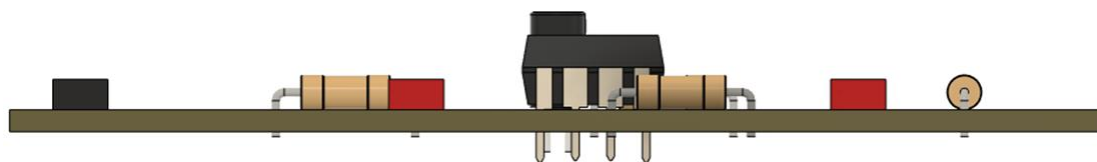
Πίνακας 1. Περιγραφές των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν στο Eagle

Στη συνέχεια περάσαμε στη σχεδίαση του board πάλι με το Eagle και τοποθετήσαμε τα στοιχεία όπως φαίνεται στην εικόνα 4 κάνοντας χρήση των εργαλείων *Polygon*, *Ratsnest* και *Route airway*.

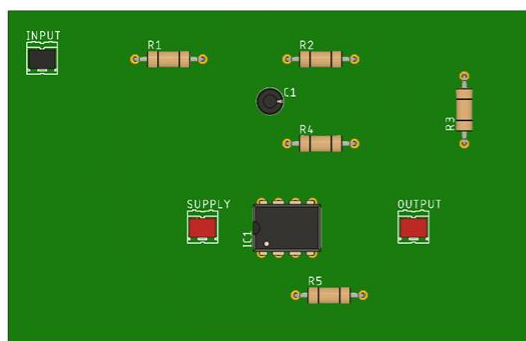


Εικόνα 4. Το κύκλωμα με τα στοιχεία τοποθετημένα στην πλακέτα

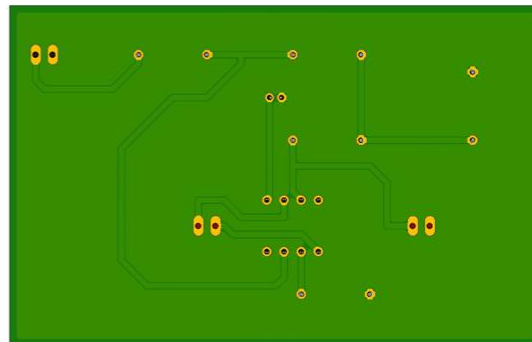
Για την τρισδιάστατη απεικόνιση της πλακέτας έγινε χρήση του λογισμικού Autodesk Fusion 360 και πήραμε την 3D μορφή όπως φαίνεται στην εικόνα 5.



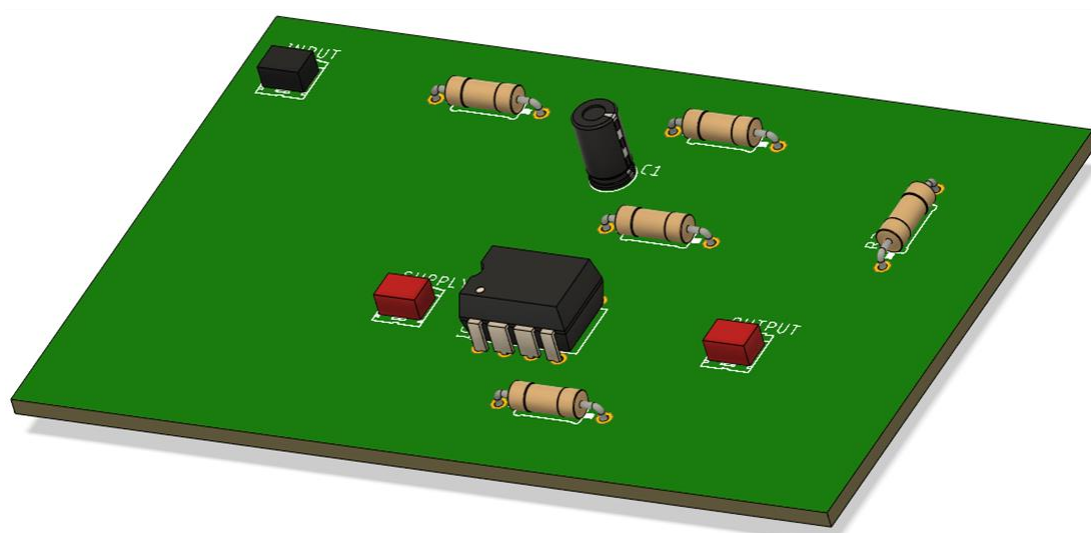
(α)



(β)



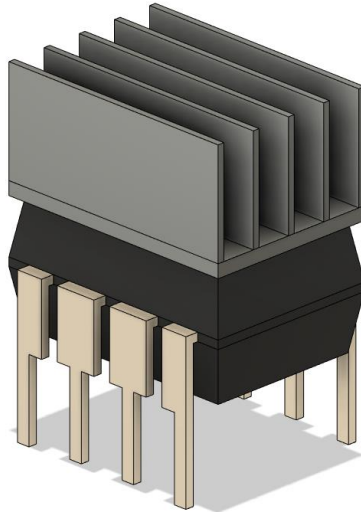
(γ)



(δ)

Εικόνα 5. Η πλακέτα μας σε τρισδιάστατη απεικόνιση: (α) Front view, (β) Top view, (γ) Bottom view και (δ) Free view

Έπειτα για να πετύχουμε καλύτερη θερμική απόδοση προσθέσαμε στο πάνω επίπεδο του LM308N μία ψύκτρα. Ο τύπος ψύκτρας με τον οποίο πειραματιστήκαμε είναι αυτός με τα πτερύγια καθώς τέτοιου τύπου ψύκτρες εφαρμόζονται σε ολοκληρωμένα κυκλώματα. Χρησιμοποιήσαμε διάφορες ψύκτρες ώστε να παρατηρήσουμε τις μεταξύ τους διαφορές. Όλες οι ψύκτρες που χρησιμοποιήσαμε είναι της μορφής που φαίνεται στην εικόνα 6 αλλά διαφοροποιούνται ως προς τις διαστάσεις και τον αριθμό των πτερυγίων.



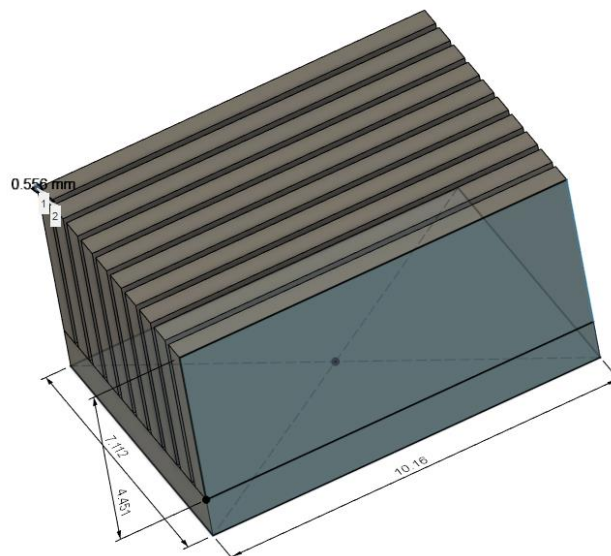
Εικόνα 6. Ο LM308N με ψύκτρα

Για την θερμική ανάλυση της πλακέτας χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση του SimScale. Πριν γίνει η προσομοίωση απαιτείται ο υπολογισμός της θερμικής ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας που δέχονται τα pads. Για τον υπολογισμό χρησιμοποιήθηκαν:

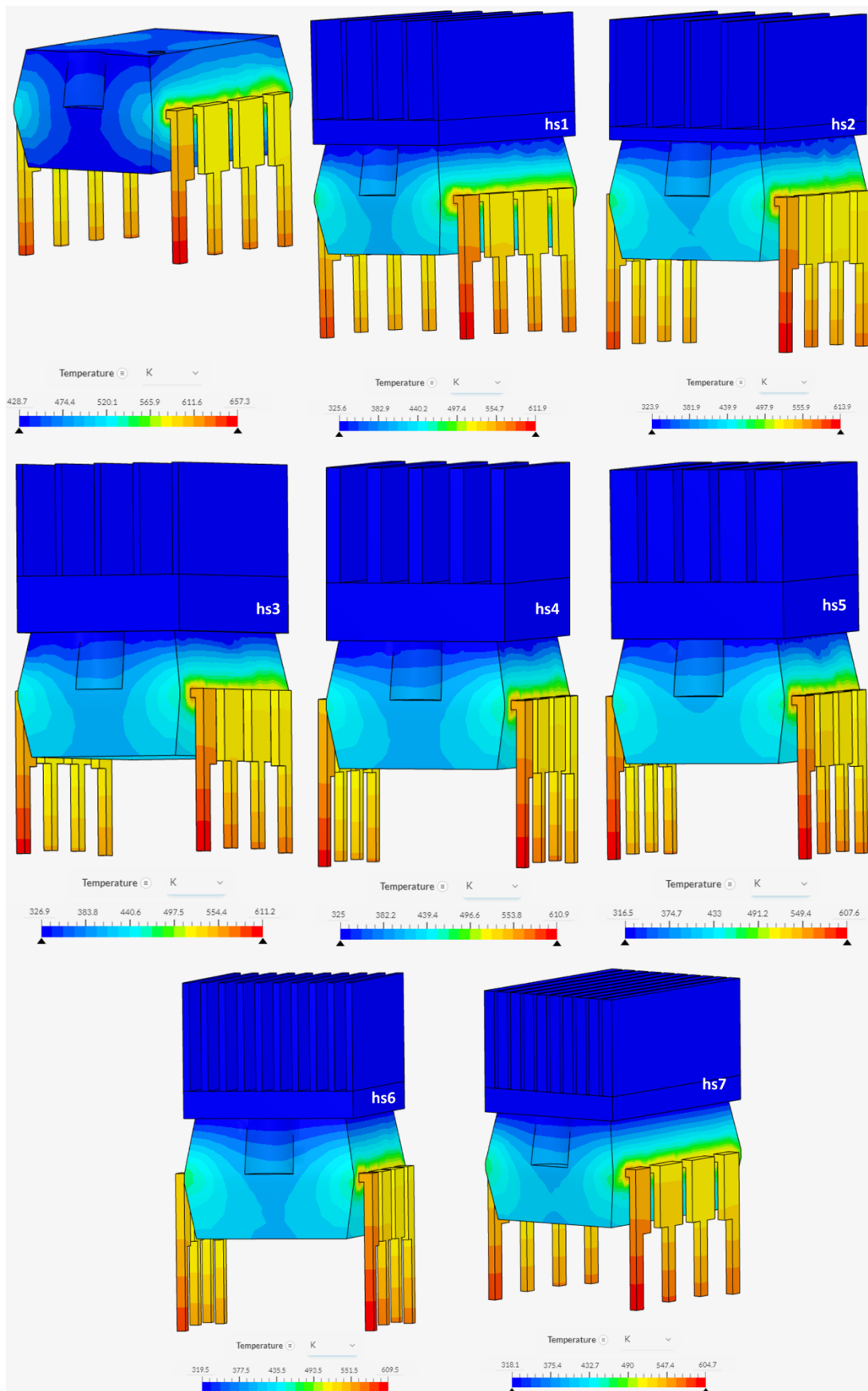
$$V = 5V, I = 0.5A \text{ και } S = 1.515mm^2.$$

Για την προσομοίωση χρησιμοποιήθηκε ρητίνη για το κύριο σώμα, αλουμίνιο για την ψύκτρα και ορείχαλκος για τα ποδαράκια.

Στην εικόνα 7 φαίνονται τα αποτελέσματα της θερμικής ανάλυσης για διάφορες ψύκτρες με ελαφρώς αλλαγμένα χαρακτηριστικά. Παρατηρούμε πως, αν και δεν υπάρχουν σημαντικές μεταβολές στις τιμές της θερμοκρασίας μεταξύ των διαφορετικών ψηκτρών, την καλύτερη ψύξη πετυχαίνουμε με την ψύκτρα hs7 (heatsink 7), η οποία έχει 10 παχιά πτερύγια, ένα μέσο πάχος βάσης και μικρά κενά μεταξύ των πτερυγίων. Οι αναλυτικές διαστάσεις της ψύκτρας hs7 φαίνονται στην εικόνα 8.



Εικόνα 8. Διαστάσεις ψύκτρας hs7



Εικόνα 7. Αποτελέσματα θερμικής ανάλυσης για διάφορες ψύκτρες.

Συγκρίνοντας την θερμική ανάλυση του ολοκληρωμένου χωρίς και με ψύκτρα που φαίνονται στην εικόνα 7 παρατηρούμε πως οι ψύκτρες μειώνουν την θερμοκρασία του στοιχείου αλλά δεν παρέχουν συνολικά τις κατάλληλες θερμοκρασίες για την ορθή λειτουργία του ολοκληρωμένου. Από το datasheet του LM308 βλέπουμε πως το εύρος θερμοκρασιών για την σωστή λειτουργία του είναι $0 - 70^{\circ}\text{C}$ ή $273 - 343\text{K}$, το οποίο δεν καταφέρνουμε να φτάσουμε με τις παραπάνω ψύκτρες σε όλο τον όγκο του ολοκληρωμένου. Βέβαια αξίζει να σημειωθεί πως ενώ χωρίς ψύκτρα ένα πολύ μικρό μέρος του ολοκληρωμένου είναι εντός των ορίων θερμοκρασίας, με ψύκτρα μεγαλύτερο μέρος είναι εντός. Μπορούμε να πούμε λοιπόν πως η ψύκτρα είναι αποδοτική γιατί ένα κομμάτι του κυρίου σώματος ψύχεται σωστά από την ψύκτρα.