



## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

Μελέτη οπτικών μετατροπέων για χρήση σε μη παρεμβατικούς βιοϊατρικούς αισθητήρες

---

Study of optic converters for use in non-intrusive biomedical sensors

---



Όνοματεπώνυμο: ΠΑΛΑΖΛΗ ΧΑΣΑΝ

Επιβλέπων καθηγητής: ΚΙΖΗΡΟΓΛΟΥ ΜΙΧΑΗΛ

# Abstract

---

The subject of this dissertation is the use of photodiode arrays.

Nowadays the technology which we live exhibits a crazy growth. Part of this growth relates to semiconductors and the development of sensors, like photodiodes. Photodiode arrays are now being used extensively in a number of different applications, such as ticket machines in public transportation, but also in up and coming sophisticated technologies which invade slowly into our lives , such as smart homes. In this context, in this dissertation, two breakout boards are developed for the use of surface mount photodiode array devices. The intended application is the development of a laser-scattering based biomedical sensor.

# Περίληψη

---

Το αντικείμενο με το οποίο θα ασχοληθούμε είναι οι φωτοдиодοι (photodiode array).

Στην σημερινή εποχή την οποία ζούμε οι τεχνολογία αναπτύσσεται με πολύ γρήγορους ρυθμούς. Κάθε μέρα κάτι καινούργιο εφεύρετε και κατασκευάζεται. Ανάμεσα σε αυτήν την εφεύρεση και κατασκευή βρίσκονται και οι φωτοдиодοι (photodiode array). Οι φωτοдиодοι έχουν εισέρθει και χρησιμοποιούνται πλέον πάρα πολύ συχνά σε μια ευρεία σειρά από διάφορα υπό ανάπτυξη μηχανήματα , όπως ένα απλό μηχάνημα τυπώσεις εισιτηρίου στη αστική συγκοινωνία έως και την πιο εξελιγμένη τεχνολογία η οποία εισβάλλει σιγά σιγά στη ζωή μας, τα λεγόμενα έξυπνα σπίτια. Είναι μια τεχνολογία η οποία έχει εφευρεθεί με σκοπό την διευκόλυνση του ανθρώπου στην καθημερινή του ζωή από διάφορα προβλήματα της καθημερινότητας που τον απασχολούσαν.

Παρακάτω θα αναλύσουμε τι ακριβώς είναι οι φωτοдиодοι (photodiode array), που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με ποιόν τρόπο.

# Ευχαριστίες

---

Στο πλαίσιο εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή και επόπτη της πτυχιακής μου εργασίας κ. Κιζήρογλου Μιχαήλ διότι μου ανέθεσε ένα θέμα το οποίο έχει πολλή σημαντική σημασία στην καθημερινότητα μας, μιας και όλος ο κόσμος πλέον περιτριγυρίζεται από την τεχνολογία στην εποχή την οποία ζούμε. Θα ήθελα επίσης να τον ευχαριστήσω για την ουσιαστική υποστήριξή καθ' όλη την διάρκεια αυτής της προσπάθειας με την σωστή και λεπτομερή καθοδήγηση στην οποία με υπέβαλε , με τις σωστές παρατηρήσεις τις οποίες μου υπέδειξε, καθώς επίσης και για την έγκυρη και άμεση επικοινωνία στην διάρκεια τυχόν προβλημάτων, για την εμπιστοσύνη που έδειξε απέναντι στο πρόσωπο μου αναθέτοντας μου την παρούσα πτυχιακή εργασία πιστεύοντας σε εμένα με αποτέλεσμα να μπορέσω να υλοποιήσω το έργο μου.

Τέλος θα ήθελα μιας και βρίσκομαι ύστερα από την εκτέλεση και αυτής της διαδικασίας ένα βήμα πριν τον τελικό στόχο μου ο οποίος είναι το πτυχίο μου να ευχαριστήσω τους γονείς μου και όλους όσους στάθηκαν δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια της φοίτησής μου, για την ουσιαστική και πραγματική υποστήριξη που μου πρόσφεραν.

# Περιεχόμενα

---

Abstract.....	1
Περίληψη.....	2
Ευχαριστίες.....	3
Περιεχόμενα.....	4
Επεξήγηση ακρωνύμων.....	5
1. Εισαγωγή.....	6
1.1 Φωτοδίοδος.....	7
1.2 Αρχή λειτουργίας.....	8
1.3 Επιλογή φωτοδίοδου.....	9
1.4 Λειτουργία επιλεχθέντας φωτοδίοδου .....	10
2. Σχεδιαστικές προδιαγραφές.....	12
2.1 Προδιαγραφές και στόχοι που έχουν τεθεί.....	12
2.2 Πρόγραμμα και Σχεδιασμός.....	13
2.3 Βήματα ανάπτυξης του συστήματος.....	15
3. Περιγραφή πλακετών.....	20
3.1 Πλακέτα φωτοδίοδου.....	20
3.2 Συνδετήρας (Connector FFC/FPC).....	23
3.3 Συνδεσμολογία με BeagIBone.....	26
4. Περιγραφή υλικού.....	29
4.1 Αισθητήρια.....	29
4.2 Συνδετήρας (Connector FFC/FPC).....	30
5. Περιγραφή και χαρακτηριστικά του MSP430.....	31
5.1 Πλακέτα μικροελεγκτή.....	31
5.2 Περιβάλλον προγραμματισμού Energia.....	33
6. Connectors & FFC Cable Jumper.....	34
6.1 Connectors (RECEPTACLE).....	34
6.2 Cable Jumper.....	40
6.3 Ακίδοσειρά.....	43

# Επεξήγηση ακρωνύμων

---

➤ FFC	Flat Flexible Cable
➤ NON-ZIF	NON Zero Insertion Force
➤ PCB	Printed Circuit Board
➤ USB	Universal Serial Bus
➤ PCM	Photoconductive Mode
➤ UVR	Ultraviolet Radiation
➤ PC	Programmable Computer
➤ SI	Serial Input
➤ RST	Reset
➤ RXD	Received Data
➤ TXD	Transmitted Data
➤ GND	Grounding
➤ AO	Analog output

# 1. Εισαγωγή

---

Παρακολουθώντας την εξέλιξη του ανθρώπου και της τεχνολογίας μέσα στους αιώνες θα δούμε τη συνεχή προσπάθειά του για την βελτίωση της ποιότητας ζωής του και τις διευκόλυνσης αυτής. Ειδικότερα τον τελευταίο αιώνα, για την εξυπηρέτηση αυτού του σκοπού έχουν γίνει τεράστια βήματα στον τομέα της επιστήμης και τις τεχνολογίας. Μια από τις σημαντικότερες περιοχές σε αυτόν τον τομέα είναι και οι οπτικοί μετατροπής (φωτοδίοδοι). Αν εξετάσουμε προσεκτικά τους καιρούς και τα χρόνια θα δούμε τα διάφορα μηχανήματα που κατασκευάζει σήμερα ο άνθρωπος και πως οι φωτοδίοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πάρα πολλές εφαρμογές όπως:

- Τα αεροπλάνα (συστήματα ελέγχου, αυτόματος πιλότος )
- Αυτόματες πόρτες
- Ιατρικές εφαρμογές (όπως οι ανιχνευτές για υπολογισμένη τομογραφία (συνδεδεμένος με scintillators), όργανα για να αναλύσει τα δείγματα)
- Ηλεκτρονικές και ψηφιακές εφαρμογές
- Κάμερες, Εκτυπωτές, Φωτογραφικές μηχανές

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανικών Αυτοματισμού Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης στο εργαστήριο που διαθέτει το τμήμα. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη, ο σχεδιασμός, η κατασκευή πλακετών και η συγκόλληση των διάφορων εξαρτημάτων πάνω στις πλακέτες μέσα στο χώρο του Α.Τ.Ε.Ι. από τον φοιτητή ώστε να υλοποιηθεί ένα κύκλωμα για κάποια χρήση σε κάποιο όργανο της τεχνολογίας.

## 1.1 Φωτοδίοδος

Οι φωτοδιόδοι είναι διάταξη ημιαγωγών που μετατρέπει το φως σε ρεύμα. Το ρεύμα παράγεται όταν τα φωτόνια απορροφούνται στην φωτοδίοδο . Μια μικρή ποσότητα του ρεύματος παράγεται επίσης όταν δεν υπάρχει φως. Μπορεί να περιέχουν οπτικά φίλτρα, ενσωματωμένους φακούς και μπορεί να έχουν μικρές ή μεγάλες επιφάνειες. Έχουν συνήθως πιο αργό χρόνο απόκρισης όσο αυξάνεται η επιφάνεια τους. Αποτελούνται από μία φωτοευαίσθητη δίοδο πυριτίου, δηλαδή μία επαφή p-n που έχει στην άνω όψη της ένα φωτοαγωγίμο στρώμα. Η πρόσπτωση φωτός στην επιφάνειά τους δημιουργεί ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών στην περιοχή της επαφής, δηλαδή ένα μικρό ρεύμα (φωτόρευμα). Το φωτόρευμα είναι αμελητέο σε σύγκριση με τα ρεύματα που διαρρέουν τις φωτοδιόδους όταν αυτές είναι ορθά πολωμένες, οπότε άγουν ως κανονικές διόδους. Όταν όμως οι φωτοδιόδοι είναι ανάστροφα πολωμένες, το φωτόρευμα καθίσταται σημαντικό και επιτρέπει τη μέτρηση της προσπίπτουσας φωτεινής έντασης.

Ο όρος *φωτοδίοδος* μπορεί να επεκταθεί ώστε να περιλαμβάνει έως και τις ηλιακές μπαταρίες, αλλά συνήθως αναφέρεται μόνο στους αισθητήρες φωτεινής στάθμης.

Η φωτοδίοδος μπορεί να λειτουργήσει πολωμένη ανάστροφα (οπότε η σύνδεση λέγεται *σύνδεση φωτοαγωγιμότητας – photoconductive, PC mode*).

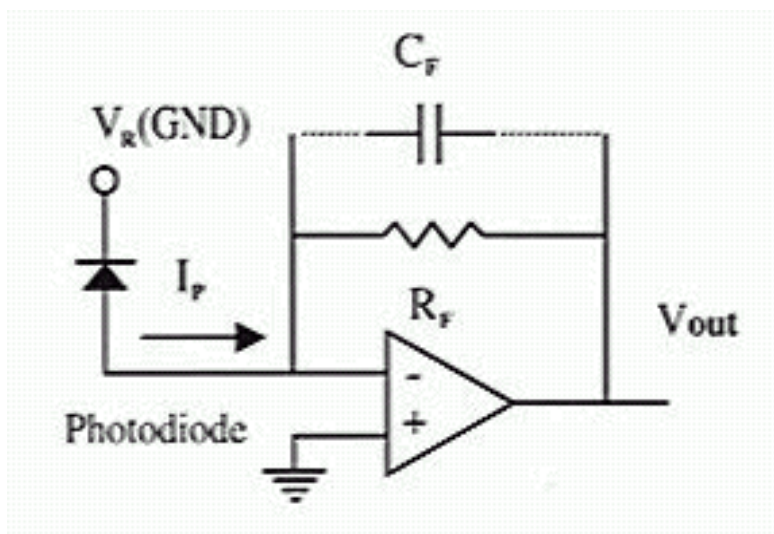


## 1.2 Αρχή Λειτουργιάς

Η λειτουργία των φωτοδιόδων βασίζεται στη δημιουργία ζευγαριών ηλεκτρονίων οπών από φωτόνια που προσπίπτουν σε μία επαφή pn. Όταν η δίοδος πολώνεται ορθά, τότε λειτουργεί σαν απλή δίοδος και η μεταβολή του φωτισμού ελάχιστα μεταβάλλει την λειτουργία της. Όταν όμως πολώνεται ανάστροφα, η δίοδος διαρρέεται από ρεύμα, που αυξάνει ανάλογα με την αύξηση του φωτισμού που

δέχεται η δίοδος. Για τάση πόλωσης μηδέν και απόλυτο σκοτάδι, περνά ένα ελάχιστο ρεύμα, που ονομάζεται ρεύμα σκότους και οφείλεται στη θερμική δημιουργία ηλεκτρονίων και οπών.

Οι φωτοδιόδοι και τα φωτοτρανζίστορ αποτελούν τα βασικά είδη φωτοβολταϊκών ανιχνευτών. Αυτά δημιουργούν ρεύμα, που ονομάζεται *φωτόρευμα* (*photocurrent*), ανάλογο της προσπίπτουσας φωτεινής έντασης. Τα φωτοτρανζίστορ είναι στην ουσία φωτοδιόδοι που επιπρόσθετα εκτελούν ενίσχυση του δημιουργούμενου ρεύματος και έτσι η αρχή λειτουργίας τους είναι ίδια με αυτήν των φωτοδιόδων. Η φωτοδίοδος μπορεί να λειτουργήσει πολωμένη ανάστροφα (οπότε η σύνδεση λέγεται *σύνδεση φωτοαγωγιμότητας* – *photoconductive, PC mode*). Ένας απλός τρόπος σύνδεσης εικονίζεται στο Εικόνα 2.14. Ο Τελεστικός ενισχυτής διαντίστασης μετατρέπει το φωτόρευμα σε τάση. Στην έξοδο του κυκλώματος η τάση  $V_{out}$  είναι ανάλογη του φωτορεύματος ( $V_{out} = -R_p I_p$ ). Ο πυκνωτής χρησιμοποιείται προαιρετικά για αντιστάθμιση τυχόν διαφοράς φάσης ανάμεσα στην έξοδο και την είσοδο.



Εικόνα 2.14. Απλό κύκλωμα σύνδεσης φωτοδίοδου

## 1.3 Επιλογή φωτοδιόδου

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε κάποια χαρακτηριστικά από κάποιες φωτοδιόδους. Με πράσινο γέμισμα είναι τα χαρακτηριστικά τις φωτοδιόδου που χρησιμοποιούμε εμείς.

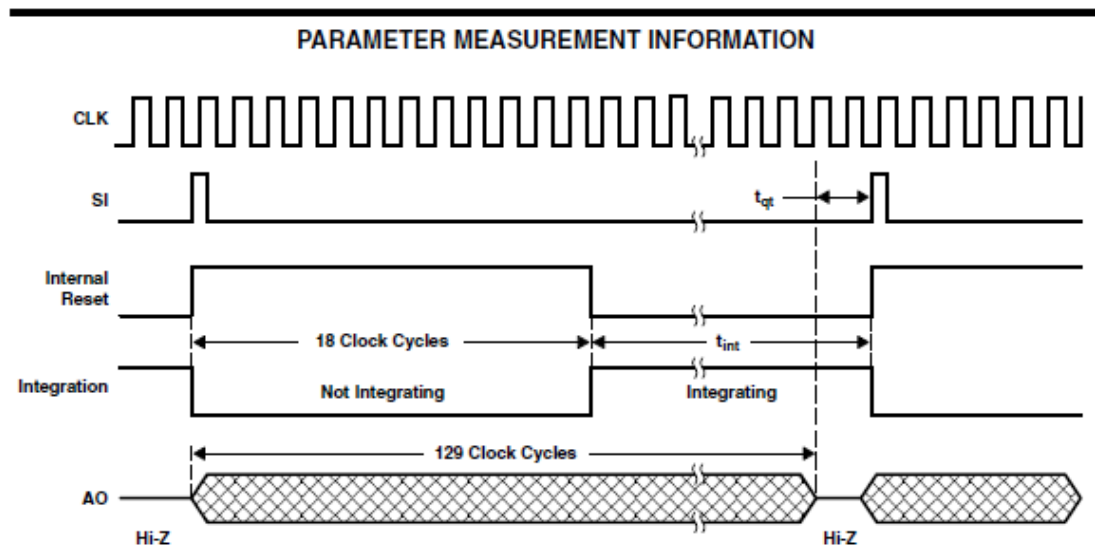
***Πίνακας χαρακτηριστικών φωτοδίοδων***

NAME	S4111-16R	S11299-421	G7150-16	S8865-64G	S11299 series	TSL1401CL
DIMENSIONS	22.86x7.87x2.2 mm	25.4x10.2x5.42 mm	22.9x7.5x7.3 mm	102.4x25x5 mm	25.4x10.2x4.7 mm	9.4 x 3 x 1.2 mm
DIMENSIONS INSIDE	15.9	23.625	-	27.94	23.625	7.5
PHOTOSENSITIVE AREA	---	1.175x2.0 mm	0.08x0.2 mm	---	1.175x2.0 mm	---
PEAK PHOTO SENSITIVITY	0.58 A/W	---	0.95 A/W	---	0.61 A/W	---
WAVELENGTH OF PEAK SENSITIVITY	960 nm	920 nm	1.55 μm	720 nm	920 nm	1000 nm
AVAILABILITY						YES
PRICE						4.85
PACKAGING	NO FLAT	NO FLAT	NO FLAT	NO FLAT	NO FLAT	FLAT
ELEMENTS	16	16	16	12	16	128
LINK	<a href="https://www.hamamatsu.com/jp/en/product/alpha/P/4105/S411-16R/index.html">https://www.hamamatsu.com/jp/en/product/alpha/P/4105/S411-16R/index.html</a>	<a href="http://www.hamamatsu.com/jp/en/product/alpha/S/4105/S11299-421/index.html">http://www.hamamatsu.com/jp/en/product/alpha/S/4105/S11299-421/index.html</a>	<a href="https://www.hamamatsu.com/us/en/product/alpha/I/4108/G7151-16/index.html">https://www.hamamatsu.com/us/en/product/alpha/I/4108/G7151-16/index.html</a>	<a href="http://www.hamamatsu.com/jp/en/product/category/3100/4005/4122/S8866-64G-02/index.html">http://www.hamamatsu.com/jp/en/product/category/3100/4005/4122/S8866-64G-02/index.html</a>	<a href="http://www.hamamatsu.com/eu/en/product/alpha/P/4105/S11299-02/index.html">http://www.hamamatsu.com/eu/en/product/alpha/P/4105/S11299-02/index.html</a>	<a href="http://uk.rs-online.com/web/p/photodetector-arrays/7857692/">http://uk.rs-online.com/web/p/photodetector-arrays/7857692/</a>

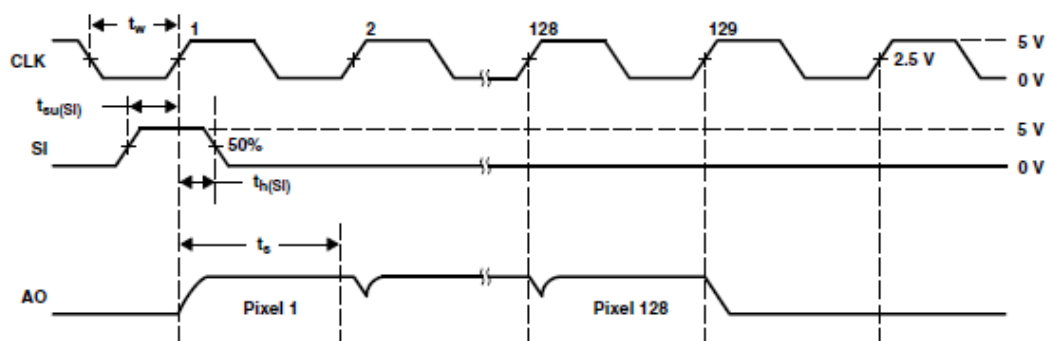
## 1.4 Λειτουργία επιλεχθέντας φωτοδιόδου

Η φωτοδίοδος η οποία χρησιμοποιούμε είναι η συστοιχία TSL1401CL. Ο αισθητήρας αποτελείται από 128 φωτοδιόδους διατεταγμένες σε γραμμική διάταξη. Μια φωτεινή ενέργεια η οποία προσπίπτει σε μια φωτοδίοδο παράγει φωτορεύμα, που είναι ενσωματωμένο με το κύκλωμα σε ενεργό ένταξη που σχετίζονται με αυτό το εικονοστοιχείο. Κατά την περίοδο ολοκλήρωσης, ένας πυκνωτής δειγματοληψίας συνδέεται με την έξοδο του ολοκληρωτή μέσω ενός αναλογικού διακόπτη. Η ποσότητα του φορτίου συσσωρεύσεις σε κάθε pixel είναι ανάλογη προς την ένταση φωτός και χρόνο ολοκλήρωσης. Η έξοδος και η επαναφορά των ολοκληρωμένων ελέγχεται από ένα καταχωρητή μετατόπισης 128-bit και μια επαναφορά λογικού. Ένας κύκλος εξόδου ξεκινάει με χρονοισμό σε ένα λογικό 1 στις SI. Για τη σωστή λειτουργία, μετά τη συνάντησή ο ελάχιστος χρόνος αναμονής, SI πρέπει να είναι ποιά χαμηλά από την επόμενη ανερχόμενη ακμή του ρολογιού. Ένα εσωτερικό σήμα, που ονομάζεται Hold, παράγεται από την ανερχόμενη ακμή του SI και μεταδίδεται σε αναλογικούς διακόπτες στο κύκλωμα εικονοστοιχείων. Αυτό προκαλεί τους 128 πυκνωτές δειγματοληψίας να αποσυνδεθούν από τους αντίστοιχους ολοκληρωτές τους και να ξεκινήσουν μια περίοδο επαναφοράς ολοκλήρωσης. Καθώς ο παλμός SI χρονίζεται μέσω του καταχωρητή μετατόπισης, το αποθηκευμένο φορτίο στους πυκνωτές δειγματοληψίας συνδέεται διαδοχικά με ένα ενισχυτή εξόδου συζευγμένο φορτίο που δημιουργεί μια τάση στην αναλογική έξοδο A.O.. Ταυτόχρονα, κατά τη διάρκεια των πρώτων 18 κύκλων του ρολογιού, όλοι οι ολοκληρωτές εικονοστοιχείων έχουν επανέλθει, και ο επόμενος κύκλος ολοκλήρωσης αρχίζει από το 19 κύκλο ρολογιού.

Από την 129η ανερχόμενη ακμή ρολοί, ο παλμός SI χρονίζεται έξω από τον καταχωρητή και την αναλογική έξοδο A.O. όπου αναλαμβάνει μια υψηλή κατάσταση σύνθετης αντίστασης. Αυτός ο 129ος παλμός ρολογιού απαιτείται για να τερματίσει την έξοδο του 128ου pixel, και να επιστρέψει την εσωτερική λογική σε μια γνωστή κατάσταση. Εάν είναι επιθυμητός ένας ελάχιστος χρόνος ολοκλήρωσης, τότε ο επόμενος παλμός SI δύνανται να παρουσιαστεί μετά από μια ελάχιστη καθυστέρηση μετά τον 129ο παλμό ρολογιού.



**Figure 1. Timing Waveforms**



**Figure 2. Operational Waveforms**

## 2. Σχεδιαστικές προδιαγραφές

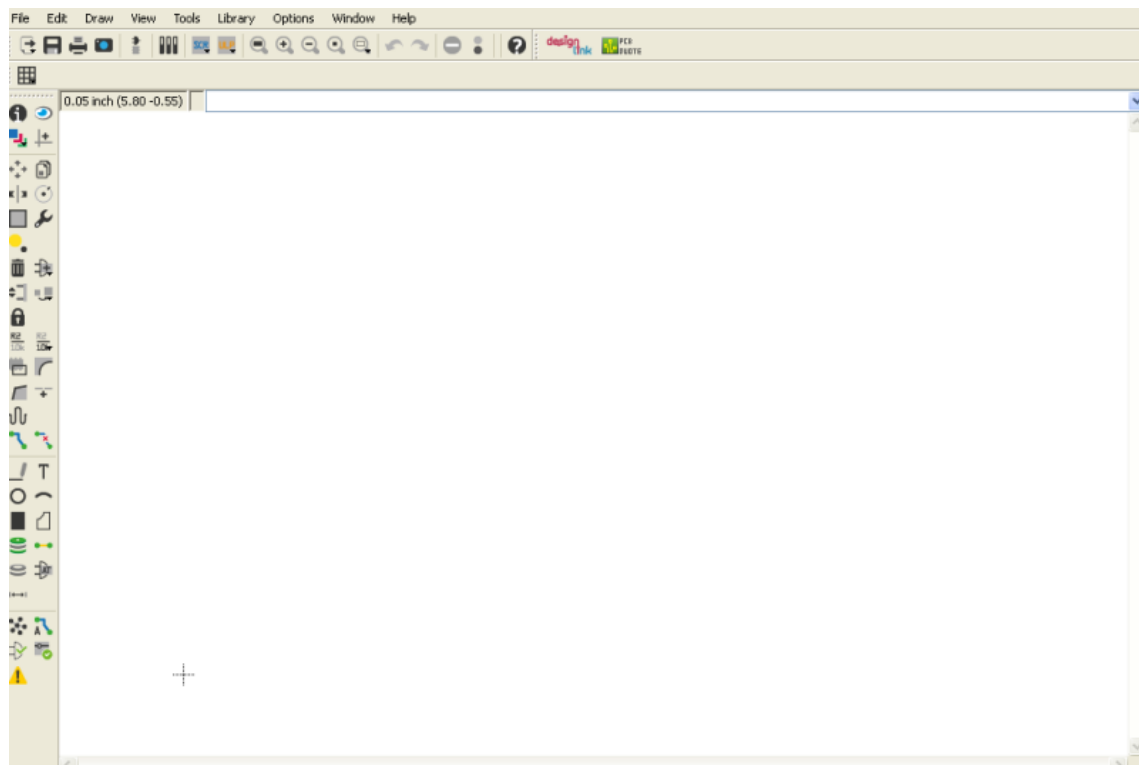
---

### 2.1 Προδιαγραφές και στόχοι που έχουν τεθεί

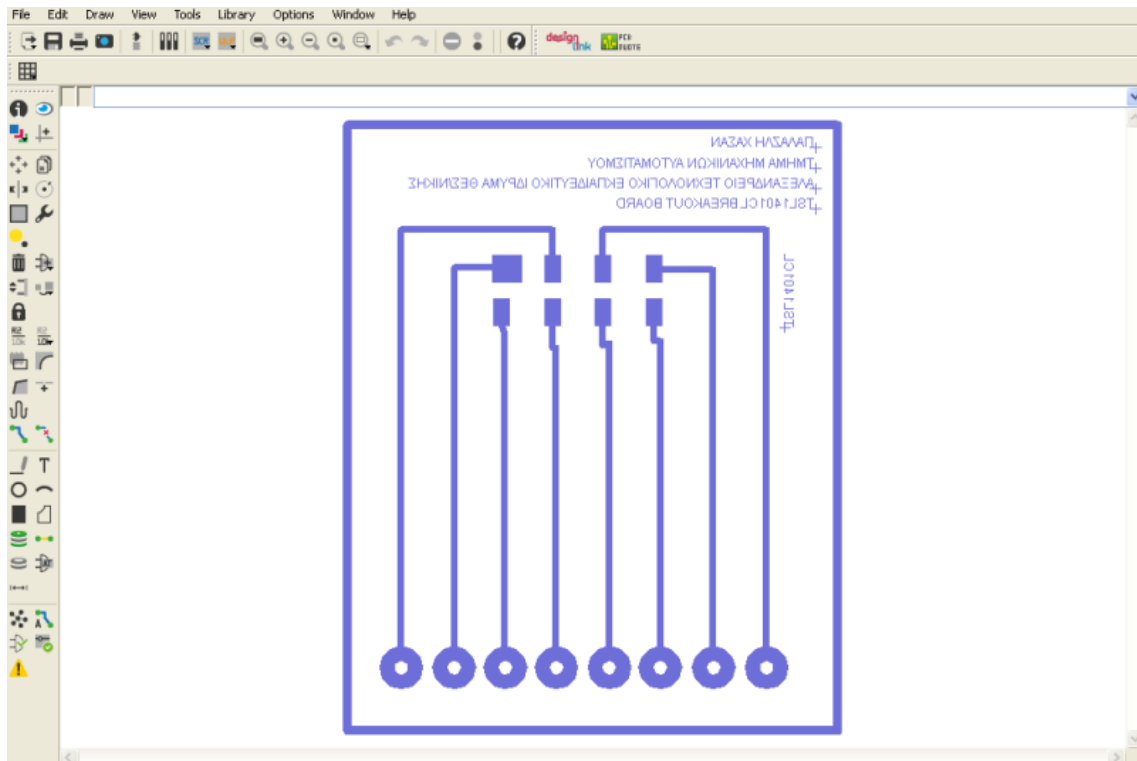
Οι στόχοι που έχουν τεθεί από τον επιβλέπων καθηγητή και τον φοιτητή είναι: αρχικά να χρησιμοποιηθεί ο εργαστηριακός χώρος τον οποίον διαθέτει το *Τμήμα Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε* του *Αλεξάνδριου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος* με σκοπό, την υλοποίηση του κατασκευαστικού κομματιού τις πτυχιακής εργασίας, όπως την τύπωση του κυκλώματος από την διαφάνεια πάνω στην πλακέτα, την επεξεργασία της πλακέτας (αφαίρεση photoresist, αποχάλκωση, άνοιγμα οπών) και τις κολλήσεις διαφόρων εξαρτημάτων. Στην πτυχιακή εργασία μας θα ασχοληθούμε αρχικά με τη σχεδίαση κυκλωμάτων μέσω του προγράμματος Eagle, έπειτα την τύπωση των κυκλωμάτων πάνω σε διαφάνεια και στη συνέχεια πάνω στην πλακέτα, μετά την επεξεργασία της πλακέτας για την κόλληση διάφορων υλικών εξαρτημάτων επάνω της με απώτερο σκοπό την ολοκλήρωση της και την χρήση της σε διάφορες εφαρμογές και κατασκευές.

## 2.2 Πρόγραμμα και Σχεδιασμός

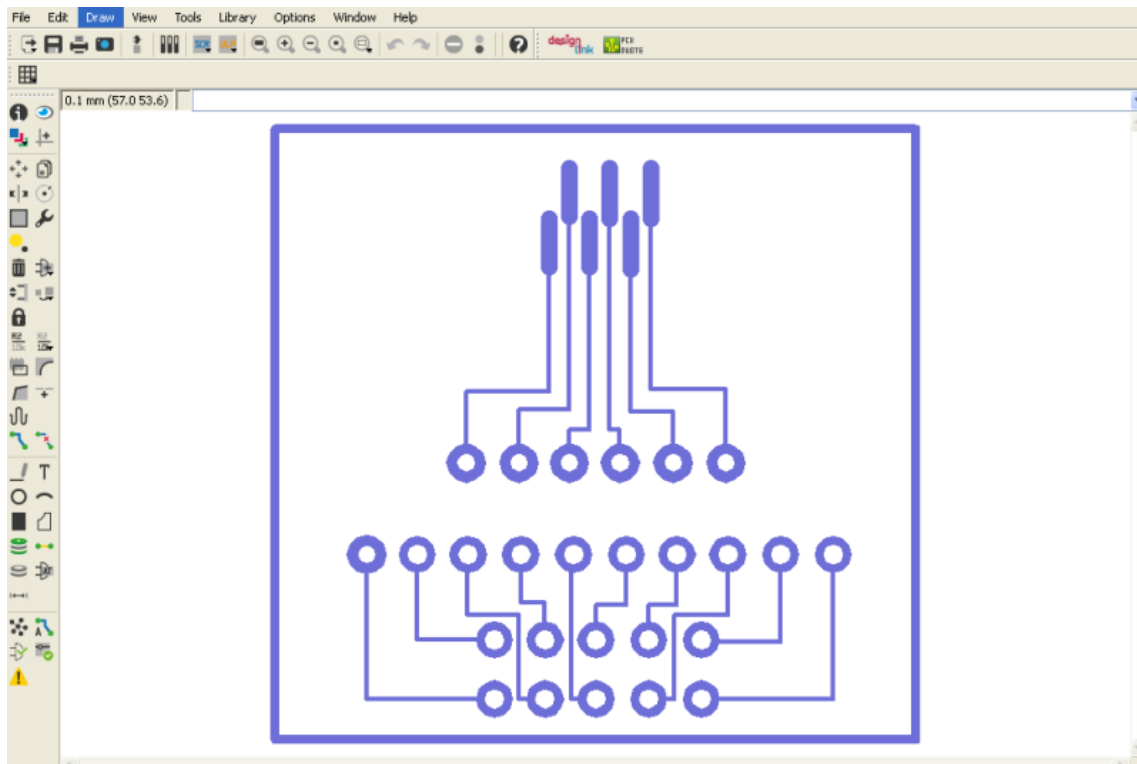
Το σχεδιαστικό πρόγραμμα με το οποίο δουλεύουμε είναι το EAGLE. Παρακάτω θα δούμε κάποιες εικόνες οι οποίες είναι από το σχεδιαστικό περιβάλλον του προγράμματος και κατόπιν τα κυκλώματα τα οποία έχουμε σχεδιάσει πάνω σε αυτό για την υλοποίηση της εργασίας μας.



*Εικόνα 2.2.1:* Στιγμιότυπο από το σχεδιαστικό πρόγραμμα Eagle



Εικόνα 2.2.2: Στιγμιότυπο από τη σχεδίαση τις πλακέτας προσαρμογής φωτοδιόδου στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Eagle



Εικόνα 2.2.3: Στιγμιότυπο από τη σχεδίαση μιας απλής πλακέτας προσαρμογής ακροδεκτών στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Eagle

## 2.3 Βήματα ανάπτυξης του συστήματος

1<sup>ο</sup> Βήμα. Έχουμε την ακατέργαστη πλακέτα PCB (φωτοευαίσθητη μιας όψεως) .



Εικόνα 2.3.1: Φωτοευαίσθητη πλακέτα μιας όψεως

2<sup>ο</sup> Βήμα. Κόβουμε από την πλακέτα ακατέργαστα κομμάτια με τις διαστάσεις τις οποίες χρειαζόμαστε



Εικόνα 2.3.2: Μέγγενη ή Μόρτσα (Για την κοπή τις πλακέτας)



3<sup>ο</sup> Βήμα. Αρχική έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία (UVR).

Τοποθέτηση της πλακέτας κάτω από υπεριώδη ακτινοβολία (UVR) μαζί με τη μάσκα, για 1min 30sec.



Εικόνα 2.3.3: Τύπωση κυκλώματος στην πλακέτα μέσω υπεριώδης ακτινοβολίας

4<sup>ο</sup> Βήμα. Αφαίρεση photoresist.

- Α) Βάζουμε την πλακέτα μέσα σε καυστική σόδα (NaOH) για 60 sec, μέχρι να αφαιρεθεί το photoresist που δεν καλυπτόταν από την μάσκα.
- Β) Όσο διαρκεί αυτή η διαδικασία, κατά προτίμηση αναδεύουμε το χημικό για ταχύτερο αποτέλεσμα. (Ο εκτιμώμενος χρόνος που δίνετε πιο πάνω, είναι χωρίς ανάδευση.)
- Γ) Ξεπλένουμε την πλακέτα καλά με απιονισμένο νερό.



Εικόνα 2.3.4: Καυστική σόδα

5<sup>ο</sup> Βήμα. Αποχάλκωση

- A) Τοποθετούμε την πλακέτα μέσα σε δοχείο με τριχλωριούχο σίδηρο ( $\text{FeCl}_3$ ) για περίπου 60 min.
- B) Ξεπλένουμε την πλακέτα με αποπυκνωμένο νερό.



Εικόνα 2.3.5: Τριχλωριούχος σίδηρος

6<sup>ο</sup> Βήμα. Άνοιγμα οπών.

- A) Τοποθετούμε την πλακέτα κάτω από το δράπανο (βάση) εάν διαθέτει αλλιώς την στερεώνουμε καλά ώστε να μην κουνιέται.
- B) Βάζουμε σε λειτουργία το δράπανο και ολοκληρώνουμε την διαδικασία με το άνοιγμα των οπών.



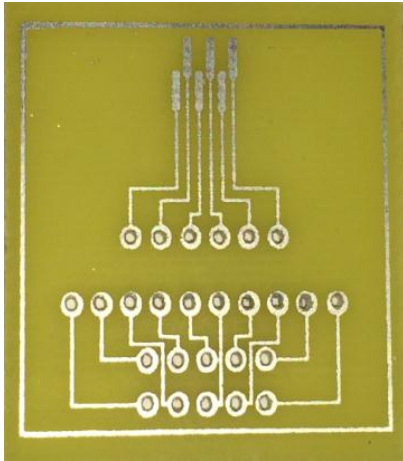
Εικόνα 2.3.6: Δράπανο (για άνοιγμα οπών)

7<sup>ο</sup> Βήμα. Επικασσιτέρωση

- Α) Παίρνουμε την πλακέτα εφόσον έχουμε ανοίξει τις οπές.
- Β) Την αλείφουμε με μια πάστα η οποία περιέχει 97% κασσίτερο και 3% χαλκό.
- Γ) Τη θερμαίνουμε με πιστόλι θερμού αέρος για περίπου 60sec.
- Δ) Την ξεπλένουμε καλά με νερό μέχρι να φύγει όλο το υλικό από πάνω.
- Ε) Η πλακέτα μας είναι έτοιμη για χρήση.



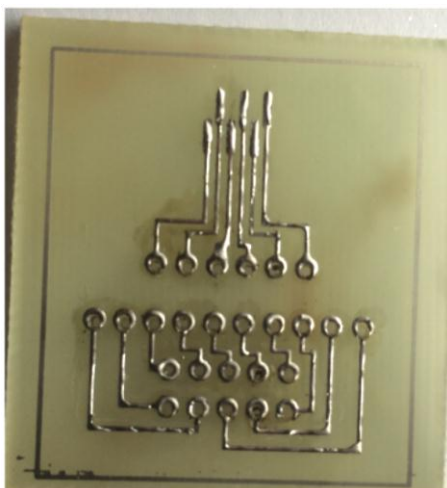
Εικόνα 2.3.7: Υλικό επικασσιτέρωσης πλακέτας



Εικόνα 2.3.8: Η πλακέτα μας έτοιμη προς επικασσιτέρωση.



Εικόνα 2.3.9: Η πλακέτα μας επικασσιτερωμένη.

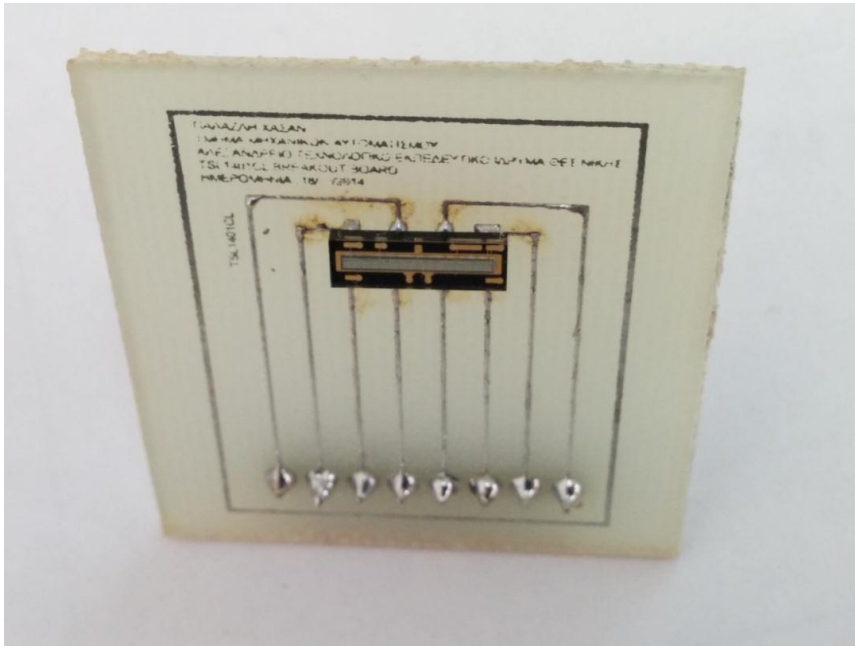


Εικόνα 2.3.10: Η πλακέτα μας έτοιμη μετά την επικασσιτέρωση.

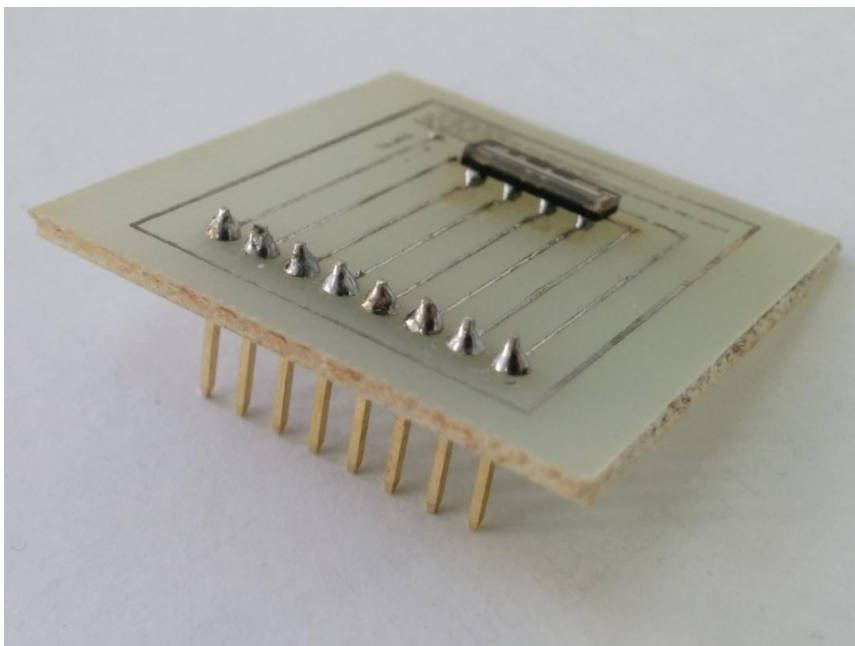
## 3. Περιγραφή πλακετών

Έχουμε δυο ειδών διαφορετικά κυκλώματα. Παρακάτω θα δούμε κάποιες εικόνες από τα δυο αυτά κυκλώματα τυπωμένα πάνω στις πλακέτες και έτοιμα προς χρήση.

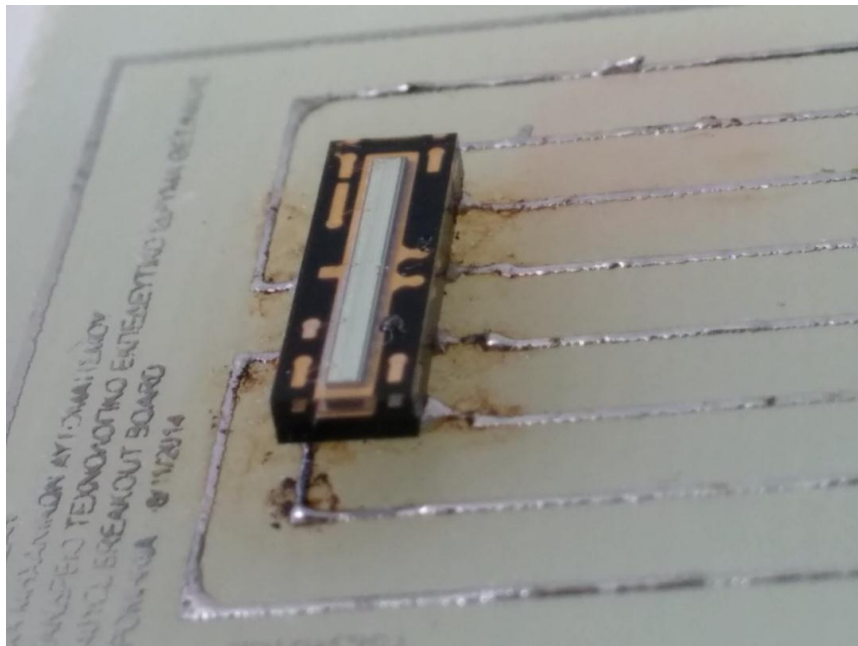
### 3.1 Πλακέτα φωτοδιόδου



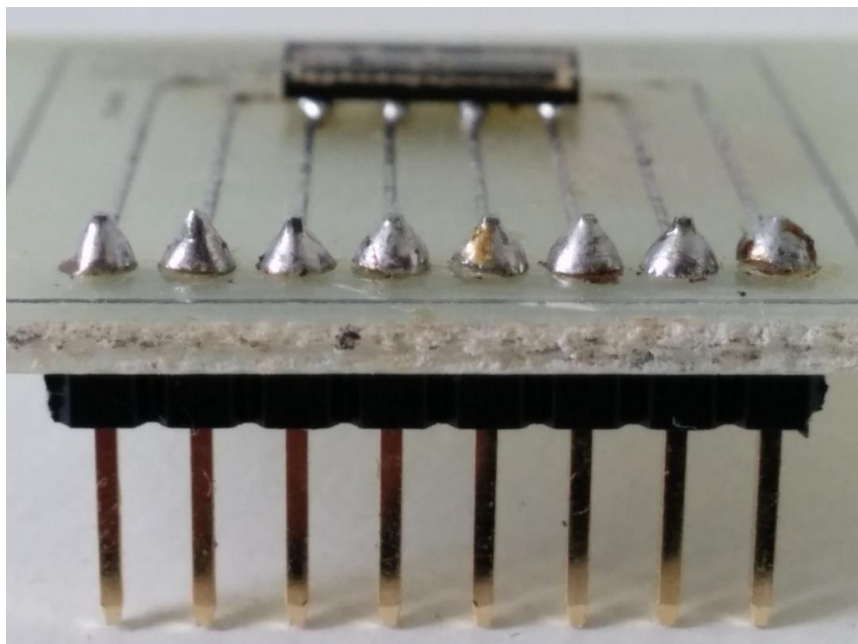
*Εικόνα 3.1.1:* Φωτογραφία της πλακέτας σύνδεσης του TSL1401CL

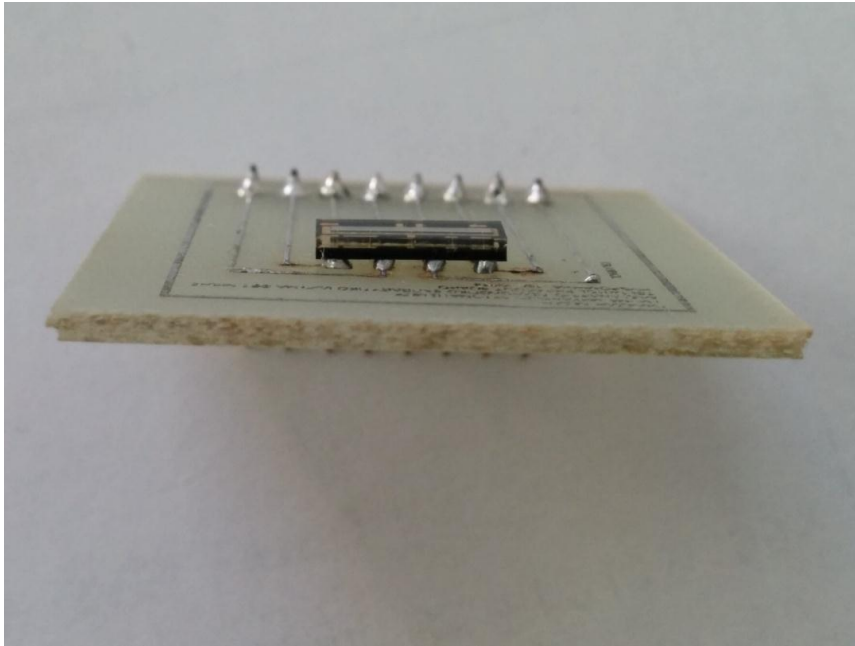




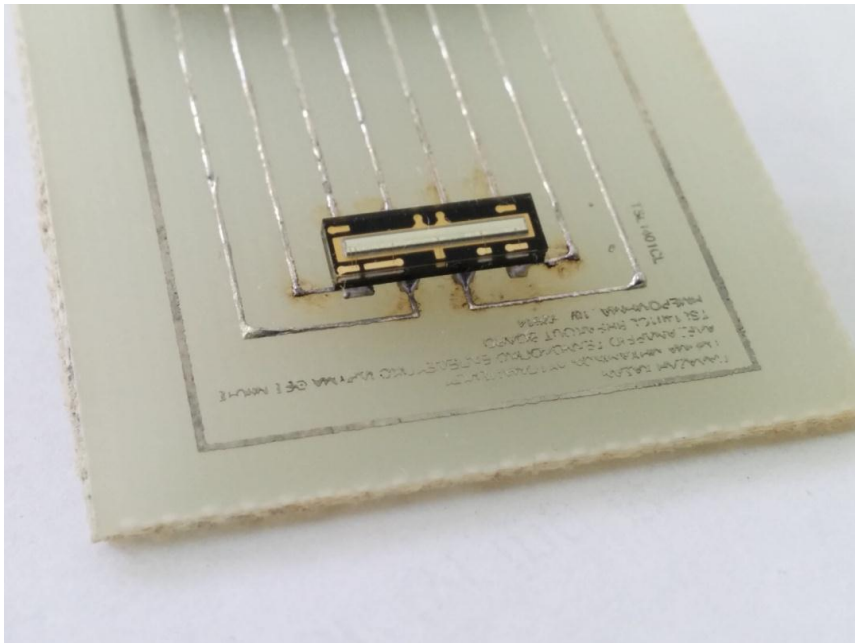


Εικόνα 3.1.2: Φωτογραφία της πλακέτας σύνδεσης του TSL1401CL





Εικόνα 3.1.3: Φωτογραφία της πλακέτας σύνδεσης του TSL1401CL



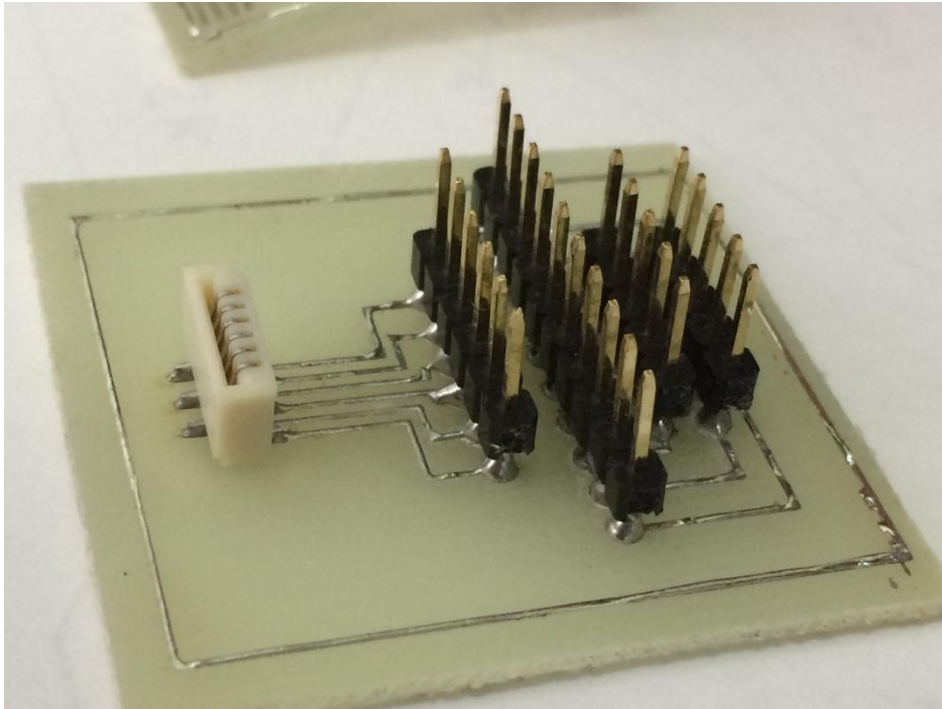
## 3.2 Συνδετήρας (Connector FFC/FPC)

Ο συνδετήρας που χρησιμοποιούμε αποτελείται από το υλικό με το οποίο επικοινωνεί το οποίο είναι φωσφορούχος χαλκός, έχει είσοδο θηλυκού, 6 επαφές, βήμα 1 χιλιοστό, μέθοδος συγκόλλησης, τάση λειτουργίας 125 V AC / DC, μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας + 80 ° C και ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας -20 ° C. Θα τον χρησιμοποιήσουμε για την κατασκευή κυκλωμάτων και συνδέσεων με πάνω από μια πλακέτα φωτοδίοδου. Θα λειτουργήσει σαν γέφυρα μεταξύ των πλακετών.

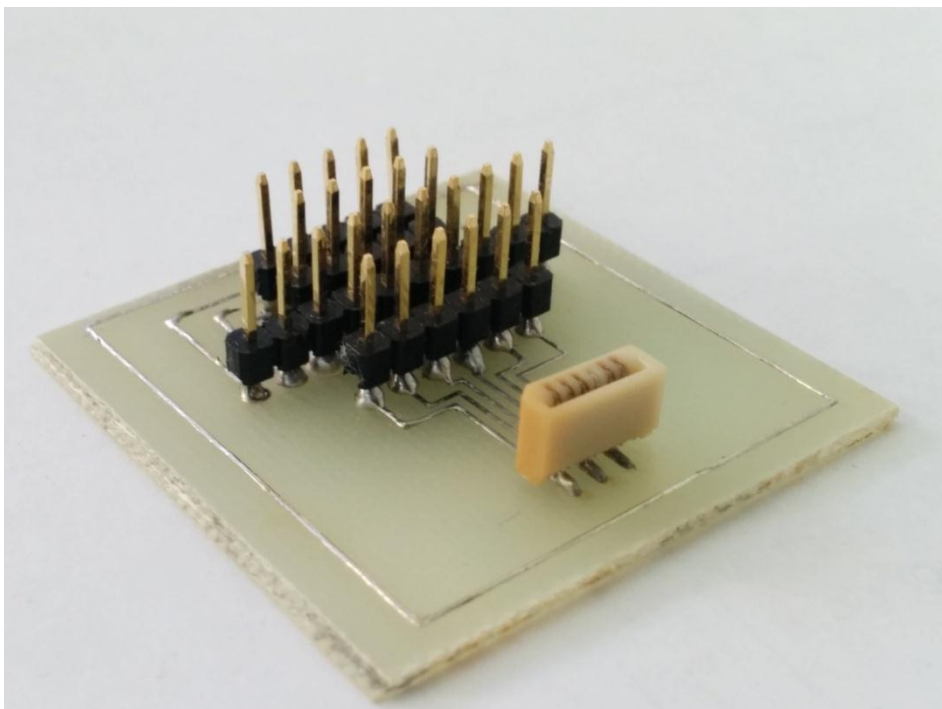


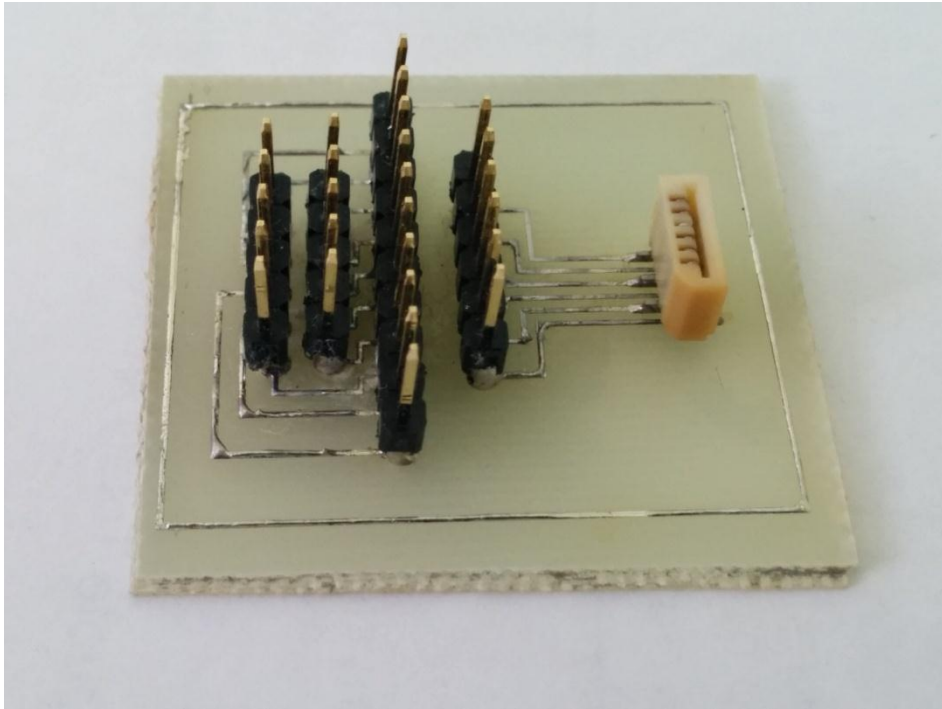
Εικόνα 3.2.1: Φωτογραφία της πλακέτας πριν τη σύνδεσης του Connector FFC/FPC



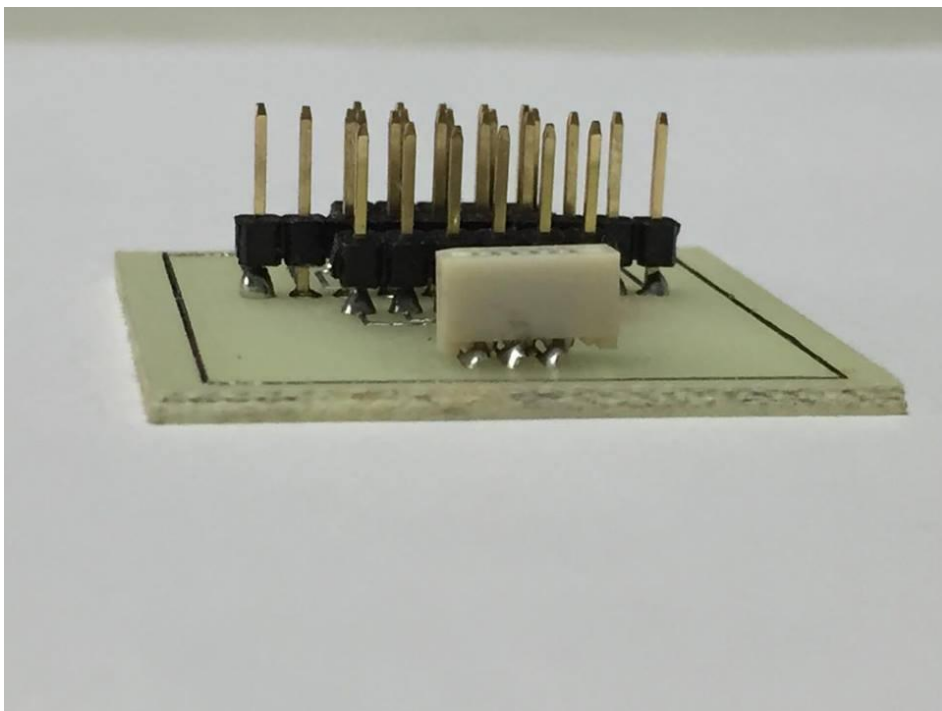


Εικόνα 3.2.2: Φωτογραφία της πλακέτας σύνδεσης του Connector FFC/FPC



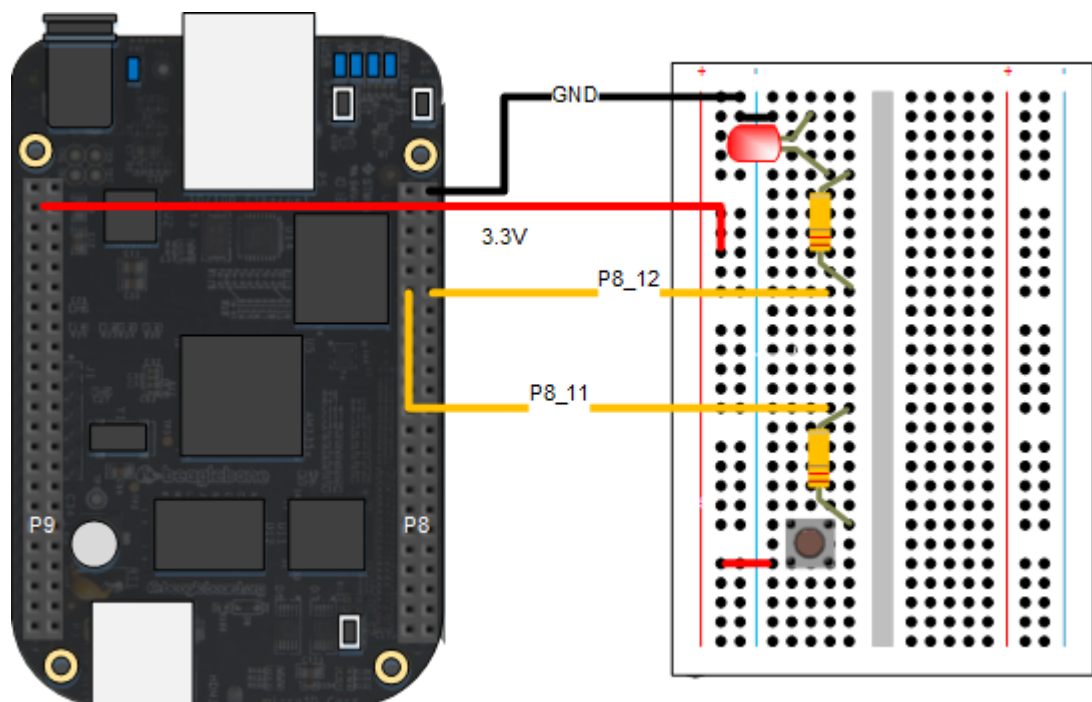


Εικόνα 3.2.3: Φωτογραφία της πλακέτας σύνδεσης του Connector FFC/FPC

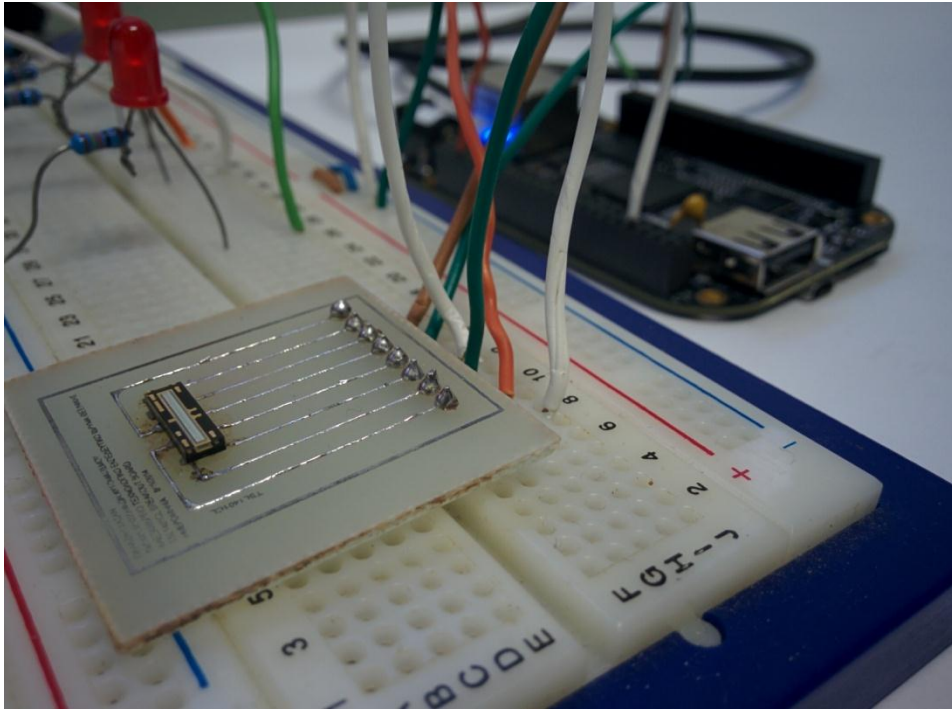


### 3.3 Συνδεσμολογία με BeagleBone

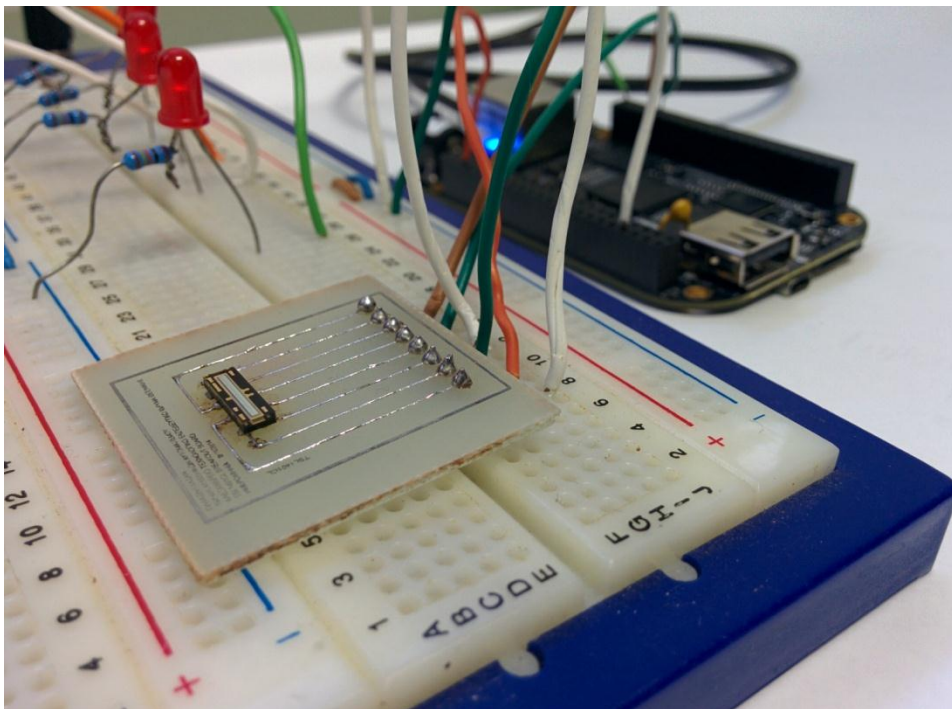
Το BeagleBone είναι υλικό χαμηλής ισχύος ανοικτού κώδικα υπολογιστή με ενιαίο διοικητικό συμβούλιο που παράγεται από την Texas Instruments, σε συνεργασία με την Digi-Key και Newark element14. Η BeagleBone σχεδιάστηκε επίσης με την ανάπτυξη λογισμικού ανοικτού κώδικα στο μυαλό, και ως ένας τρόπος για να αναδειχθεί η Texas Instruments OMAP3530 system-on-a-chip. Το διοικητικό συμβούλιο αναπτύχθηκε από μια μικρή ομάδα μηχανικών ως εκπαιδευτικό συμβούλιο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε κολέγια σε όλο τον κόσμο για να διδάξει τις ικανότητες ανοικτού υλικού πηγής και λογισμικού. Επίσης πωλείται στο κοινό υπό την άδεια της μετοχής όσο Creative Commons. Το διοικητικό συμβούλιο έχει σχεδιαστεί χρησιμοποιώντας Cadence OrCAD για σχηματικές παραστάσεις και Cadence Allegro για την κατασκευή PCB. Η BeagleBone είναι πλακέτα που λειτουργεί ως USB ή Ethernet. Είναι μικρή και με τις δυνατότητες ARM υψηλής απόδοσης.



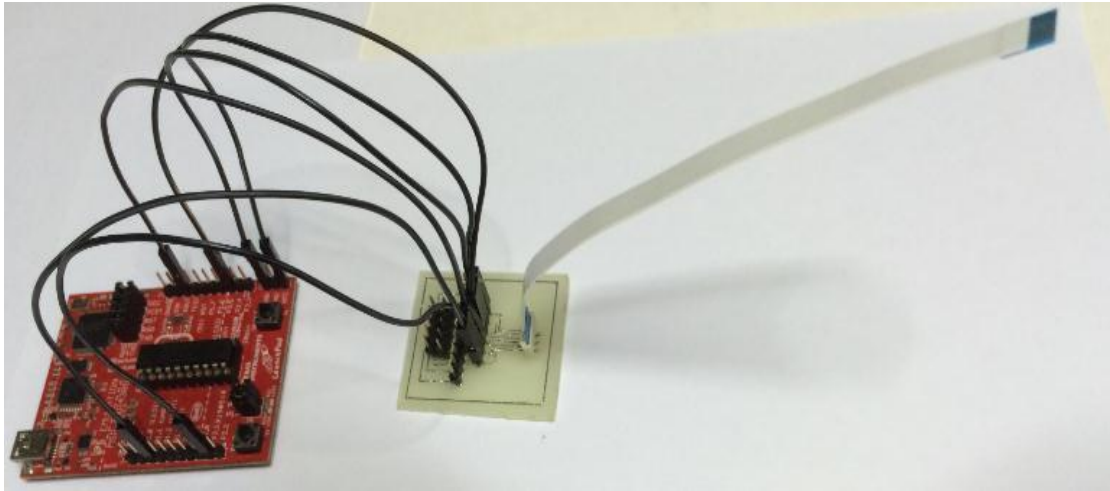
*Εικόνα 3.3.1:* Φωτογραφία της πλακέτας σύνδεσης BeagleBone



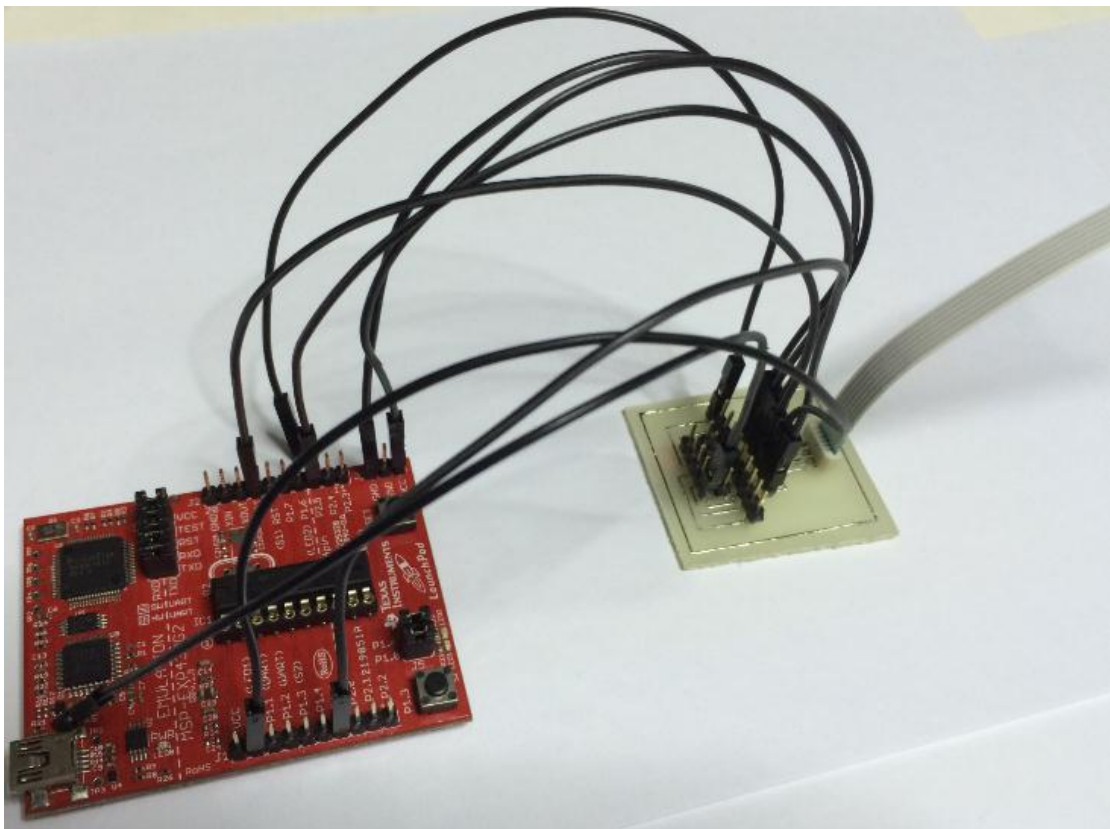
*Εικόνα 3.3.2:* Φωτογραφία σύνδεσης της πλακέτας φωτοδιόδου με το BeagleBone







*Εικόνα 3.3.3:* Φωτογραφία σύνδεσης της πλακέτας connector με τον MSP430



## 4. Περιγραφή υλικού

---

### 4.1 Αισθητήρια

Η φωτοδίοδος η οποία χρησιμοποιούμαι είναι η συστοιχία TSL1401CL η οποία είναι γραμμικός αισθητήρας που αποτελείται από έναν πίνακα φωτοδίοδων  $128 \times 1$  pixel, που συνδέει των ενισχυτή με την φόρτιση του κυκλώματος, και μια λειτουργία εσωτερικών δεδομένων που προβλέπει ταυτόχρονα την έναρξη και ολοκλήρωση των εικονοστοιχείων για όσες φορές χρειαστεί να αρχίσουν και να σταματήσουν. Η σειρά αποτελείται από 128 pixels, καθένα από τα οποία έχει μια φώτο-ευαίσθητη περιοχή των 3,524.3 τετραγωνικώνμικρόμετρων. Η απόσταση μεταξύ των εικονοστοιχείων είναι 8- $\mu\text{m}$ . Η λειτουργία απλοποιείται από τη λογική του εσωτερικού ελέγχου που απαιτεί μόνο μια σειριακή είσοδο (SI) σήμα και ένα ρολόι.



## 4.2 Συνδετήρας (Connector FFC/FPC)

Ο συνδετήρας που χρησιμοποιούμε αποτελείται από το υλικό με το οποίο επικοινωνεί το οποίο είναι φωσφορούχος χαλκός, έχει είσοδο θηλυκού, 6 επαφές, βήμα 1 χιλιοστό, μέθοδος συγκόλληση, τάση λειτουργίας 125 V AC / DC, μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας + 80 ° C και ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας -20 ° C.

Έχει σχεδιαστεί με συμπαγής τεχνολογία και αξιόπιστη διασύνδεση για χρήση σε εφαρμογές σημάτων και δεδομένων που απαιτούν υψηλή πυκνότητα για πολύπλοκες καλωδίωσης. Αυτά τα χαμηλού προφίλ, με χαμηλές ή μηδενικές δύναμης εισαγωγής συστήματα και με ευέλικτη σύνδεση 1 χιλιοστού, επιτρέπουν την απλή εισαγωγή και την αφαίρεση των συγκροτημάτων καλωδίου FFC, την κατάργηση των άμεσων κολλήσεων του καλωδίου. Σταθερή απόδοση επαφή όταν υποβάλλονται σε περιβαλλοντικές και μηχανικές καταπονήσεις.

# 5. Περιγραφή και χαρακτηριστικά του MSP430

---

## 5.1 Πλακέτα μικροελεγκτή

Γενικά στοιχεία χρησιμοποιούμενου μικροελεγκτή MSP430 LaunchPad

Γενικά για τον MSP430 :

Ο MSP430 διαθέτει όλα όσα χρειάζεται για να ξεκινήσετε την ανάπτυξη ελεγχόμενων συσκευών μέσω ενός μικροελεγκτή ο οποίος, έχει μια ειδικά σχεδιασμένη θέση επάνω στην πλακέτα ώστε να μπορούμε να τον βάζουμε και να τον βγάζουμε. Η θέση που έχει σχεδιαστεί για τον μικροελεγκτή δεν είναι μόνο για έναν τύπο αλλά για δύο διαφορετικούς τύπους με διαφορετικά χαρακτηριστικά κυρίως όσον αφορά τα pin. Ο MSP430 είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να έχουμε στην διάθεση μας είτε 14 Pin είτε 20 Pin ανάλογα με τον μικροελεγκτή που θα κουμπωθεί επάνω. Οι πλακέτα έχει πάνω δύο διαθέσιμα κουμπάκια, δύο διαθέσιμα Led καθώς και BoosterPack συμβατή Pinouts που υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα των Plug-in-module για πρόσθετη λειτουργικότητα, όπως ασύρματη σύνδεση .

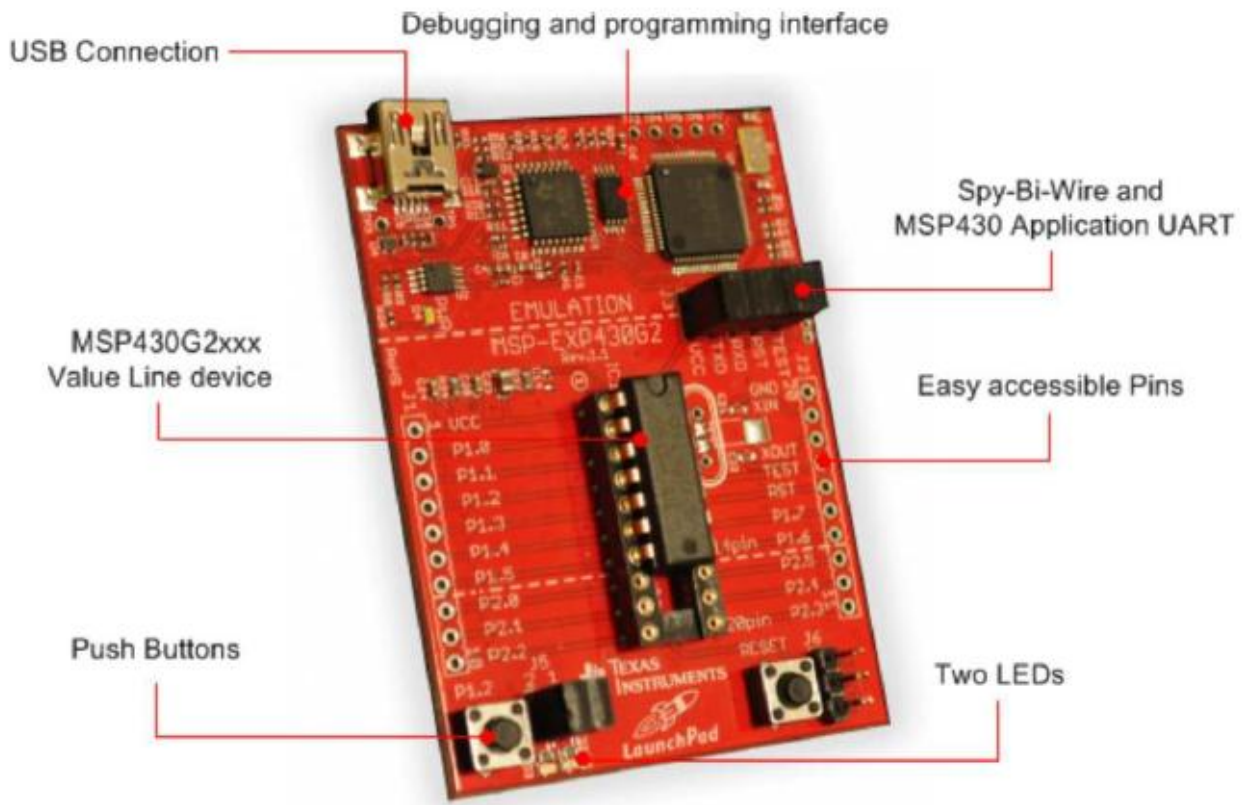
Ο MSP430 έχει μέχρι 16KB Flash, 512BRAM , CPU με ταχύτητα 16MHZ ολοκληρωμένα περιφερειακά όπως 8κανάλια τον 10bit, χρονόμετρα, σειριακή επικοινωνία (UART, I2C και SPI) και πολλά άλλα. Ο MSP430 μπορεί να τροφοδοτείτε με τάση απευθείας με 5V τάση στο Pin Vcc το οποίο είναι το Pin1 επίσης μπορεί να τροφοδοτείτε με τάση και από το καλώδιο USB με το οποίο συνδέεται στο PC για την μεταφορά δεδομένων (προγράμματος) από το PC στον μικροελεγκτή. Υπάρχουν 20Pin τα οποία μπορείς να τα χρησιμοποιήσεις σαν εισόδους ή εξόδους, κάποια από αυτά τα Pin είναι συνδεδεμένα εσωτερικά με κάποιο κουμπί ή κάποιο Led. Το Pin test είναι για να κάνουμε δοκιμή λειτουργίας. Το Pin RST είναι για την επαναφορά εισαγωγής δεδομένων δοκιμών ή εξόδων. Το Pin RXD για να λαμβάνει δεδομένα εξόδου. Το Pin TXD είναι για δεδομένα εξόδου μεταδώσεις. Το Pin GND το οποίο είναι για την γείωση της πλακέτας. Τα Pin Xin και Xout είναι σήματα του ταλαντωτή LFXT1 ο οποίος μπορεί να υποστηρίξει



ταλαντωτές χαμηλής συχνότητας, όπως ένα ρολόι κρυστάλλου 32768Hz ή πρότυπο κρύσταλλο με ένα πεδίο. Οι γραμμές σήματος X<sub>in</sub> και X<sub>out</sub> μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως I/O ή ως ψηφιακή είσοδο συχνότητας.

Χαρακτηριστικά :

Τάση λειτουργίας 5V, Pin I/O 20, Flash Memory 16KB, RAM 512B, Χρονόμετρα 16bit, 8 κανάλια τον 10bit ADC, Κρύσταλλο 32KHz, Ταχύτητα CPU 16MHz



MSP430

## 5.2 Περιβάλλον προγραμματισμού Energia

Ένα από τα λογισμικά τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία κώδικα προγραμματισμού για τον μικροελεγκτή είναι το ENERGIA, της εταιρίας Texas Instruments. Η energia είναι μια open - source πλατφόρμα ηλεκτρονικών πρωτοτύπων την οποία ξεκίνησε ο Robert Wessels τον Ιανουάριο του 2012, με στόχο την υλοποίηση της καλωδίωσης και το πλαίσιο Arduino στο LaunchPad Texas Instruments MSP430 βάση . Η energia χρησιμοποιεί τον compiler mspgcc από τον Peter Bigot ενώ βασίζεται και στην καλωδίωση και το πλαίσιο Arduino. Επίσης η energia περιλαμβάνει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης ( IDE) που βασίζεται σε Processing .

Η ίδρυση της Energia και Arduino είναι το πλαίσιο καλωδίωσης που έχει αναπτυχθεί από Hernando Barragan . Το πλαίσιο έχει δημιουργηθεί προσεκτικά με τους σχεδιαστές και τους καλλιτέχνες να έχουν στο μυαλό τους την ενθάρρυνση μια κοινότητας από όλο τον κόσμο να μοιραστούν τις ιδέες , τις γνώσεις και τη συλλογική τους εμπειρία . Η ομάδα Energia υιοθετεί τη φιλοσοφία της μάθησης από την πράξη και προσπαθεί να το καταστήσει εύκολο να συνεργαστεί άμεσα με το υλικό .

Η energia ξεκίνησε να φέρει την καλωδίωση και το πλαίσιο Arduino στο Texas Instruments MSP430 LaunchPad . Texas Instruments προσφέρει MSP430 , Stellaris και C2000 LaunchPad . Το LaunchPad είναι ένας μικροελεγκτής χαμηλού κόστους που γίνεται από την Texas Instruments . Η τελευταία έκδοση του Energia υποστηρίζει τις MSP - EXP430G2 , MSP - EXP430FR5739 και Stellaris EK - LM4F120XL LaunchPads με υποστήριξη για το C2000 βάσης LAUNCHXL - F28027 LaunchPad έρχονται σύντομα .

Μαζί με την Energia , LaunchPad μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη διαδραστικών αντικειμένων , λαμβάνοντας δεδομένα από μια ποικιλία από διακόπτες ή αισθητήρες , και να ελεγχθεί μια ποικιλία από τα φώτα , κινητήρες, αισθητήρες και άλλες φυσικές εξόδους .

## 6. Connectors & FFC Cable Jumper

---

### 6.1 Connectors (RECEPTACLE)

Θέλοντας να αναφερθούμε στους CONNECTORS RECEPTACLE μπορούμε να πούμε πως είναι αρκετά εύχρηστα και λειτουργικά εξαρτήματα για οποιαδήποτε συνδεσμολογία ακόμα και αν αυτή αφορά κάποια συνδεσμολογία μικρό εφαρμογών ή κάποιου είδους ηλεκτρονικής ή ψηφιακής εφαρμογής. Ο CONNECTOR από την στιγμή που θα εφαρμοστεί σε κάποια είδους πλακέτα ή πάνω σε οποιοδήποτε άλλο σχετικό σημείο εφαρμογής κάποιας δραστηριότητας είναι αδιαμφισβήτητα ποιο βολική και ποιο σίγουρη λύση κατόπιν δοκιμής για την ικανοποίηση κάποιων αναγκών σε κάποια εφαρμογή. Συνοψίζοντας λοιπόν με τους CONNECTORS μπορείς να κάνεις εξοικονόμηση χώρου είναι ποιο εύκολο στη χρήση του καθώς επίσης ποιο ευπαρουσίαστο και ποιο αποτελεσματικό.

Διάφοροι τύποι CONNECTOR RECEPTACLE :



Εικόνα 6.1.1: Connector



Εικόνα 6.1.2: Connector

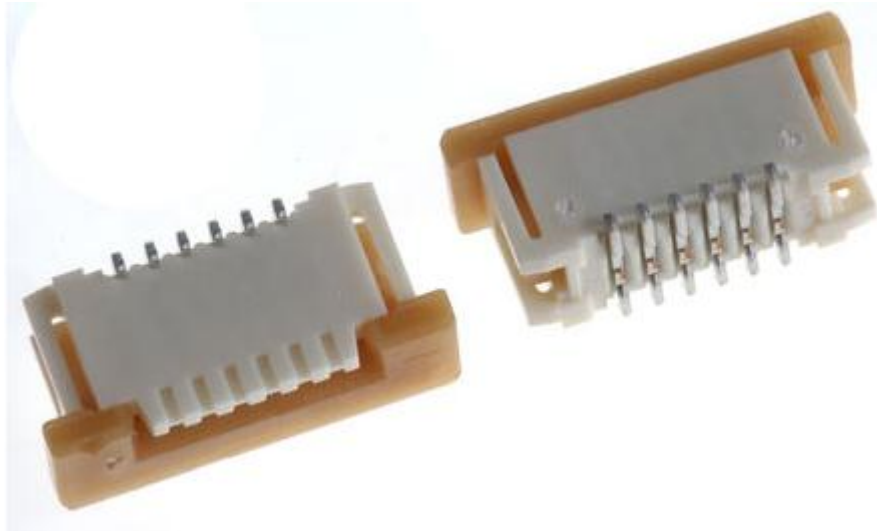


Εικόνα 6.1.3: Connector



Εικόνα 6.1.4: Connector

## Molex FFC/FPC SMT Series 1mm Pitch 6 Way 1 Row Straight SMT Female FPC Connector



Εικόνα 6.1.5: Connector

### Περιγραφή Προδιαγραφών :

✓	Housing Material	PSU
✓	Termination Type	Vertical Contact
✓	Body Orientation	Straight
✓	Mounting Type	Surface Mount
✓	Voltage Rating	125 V ac/dc
✓	Gender	Female
✓	Series	FFC/FPC SMT
✓	Pitch	1mm
✓	Contact Plating	Tin Bismuth over Nickel
✓	Series Number	52808
✓	Number Of Contacts	6
✓	Contact Material	Phosphor Bronze
✓	Number Of Rows	1
✓	CAD Drawing	3D CAD Model
✓	Maximum Operating Temperature	+80°C
✓	Termination Method	Solder
✓	Current Rating	0.5A
✓	Minimum Operating Temperature	-20°C

## Molex FFC/FPC SMT Series 1mm Pitch 6 Way 1 Row Right Angle SMT Female FPC Connector, Gold over Nickel Plated Contacts

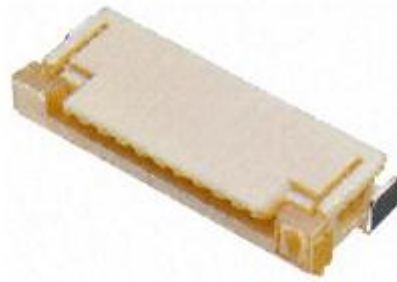


Εικόνα 6.1.6: Connector

### Περιγραφή Προδιαγραφών :

<input type="checkbox"/>	Number of Contacts	6
<input type="checkbox"/>	Contact Material	Phosphor Bronze
<input type="checkbox"/>	Pitch	1mm
<input type="checkbox"/>	Mounting Type	Surface Mount
<input type="checkbox"/>	Gender	Female
<input type="checkbox"/>	Termination Type	ZIF Top Contact
<input type="checkbox"/>	Body Orientation	Right Angle
<input type="checkbox"/>	Current Rating	1A
<input type="checkbox"/>	Voltage Rating	30 V
<input type="checkbox"/>	Series	FFC/FPC SMT
<input type="checkbox"/>	Series Number	52207
<input type="checkbox"/>	Number of Rows	1
<input type="checkbox"/>	Contact Plating	Gold over Nickel
<input type="checkbox"/>	CAD Drawing	3D CAD Model
<input type="checkbox"/>	Minimum Operating Temperature	-30°C
<input type="checkbox"/>	Housing Material	Nylon
<input type="checkbox"/>	Termination Method	Solder
<input type="checkbox"/>	Maximum Operating Temperature	+85°C
<input type="checkbox"/>	Select all	

## Receptacle 1.0mm FFC/FPC SMT, r/a, ZIF, 4w



Εικόνα 6.1.7: Connector

### Περιγραφή Προδιαγραφών :

<input checked="" type="checkbox"/>	Body Orientation	Right Angle
<input checked="" type="checkbox"/>	CAD Drawing	3D CAD Model
<input checked="" type="checkbox"/>	Contact Material	Phosphor Bronze
<input checked="" type="checkbox"/>	Contact Plating	Gold over Nickel
<input checked="" type="checkbox"/>	Current Rating	1A
<input checked="" type="checkbox"/>	Gender	Female
<input checked="" type="checkbox"/>	Housing Material	Nylon
<input checked="" type="checkbox"/>	Maximum Operating Temperature	+85°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Minimum Operating Temperature	-20°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Number of Contacts	4
<input checked="" type="checkbox"/>	Number of Rows	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Pitch	1mm
<input checked="" type="checkbox"/>	Series	FFC/FPC SMT
<input checked="" type="checkbox"/>	Series Number	52207
<input checked="" type="checkbox"/>	Termination Method	Solder
<input checked="" type="checkbox"/>	Voltage Rating	125 V

## Receptacle 1.0mm FFC/FPC , ZIF, r/a, 4w



Εικόνα 6.1.8: Connector

### Περιγραφή Προδιαγραφών :

<input checked="" type="checkbox"/>	Gender	Female
<input checked="" type="checkbox"/>	Number Of Contacts	4
<input checked="" type="checkbox"/>	Housing Material	Nylon
<input checked="" type="checkbox"/>	Pitch	2mm
<input checked="" type="checkbox"/>	Contact Material	Phosphor Bronze
<input checked="" type="checkbox"/>	Contact Plating	Tin Bismuth Over Nickel
<input checked="" type="checkbox"/>	Current Rating	0.5A
<input checked="" type="checkbox"/>	Voltage Rating	50 V
<input checked="" type="checkbox"/>	Termination Method	Solder
<input checked="" type="checkbox"/>	Number Of Rows	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Body Orientation	Right Angle
<input checked="" type="checkbox"/>	Maximum Operating Temperature	+80°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Minimum Operating Temperature	-20°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Series	FFC/FPC THROUGH HOLE
<input checked="" type="checkbox"/>	Series Number	52043



## 6.2 Cable Jumper

Αναφέρεται σε οποιαδήποτε ποικιλία ηλεκτρικών καλωδίων που είναι τόσο επίπεδη και εύκαμπτη. Ο όρος FFC αναφέρεται συνήθως στην εξαιρετικά λεπτή επίπεδη μορφή, όπου βρίσκονται συχνά σε υψηλής πυκνότητας ηλεκτρονικών εφαρμογών (π.χ. φορητούς υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα κ.τ.λ.). Τα καλώδια FFC είναι συνήθως ευθείες συνδέσεις χωρίς εξαρτήματα. Αποτελούνται συνήθως από μια επίπεδη και εύκαμπτη πλαστική μεμβράνη βάσης, με πολλαπλούς αγωγούς συνδεδεμένοι με μία επιφάνεια. Συχνά, κάθε άκρο του καλωδίου είναι ενισχυμένο με ένα ενισχυτικό έλασμα για να κάνει ευκολότερη την εισαγωγή ή για την παροχή ανακούφισης καταπόνησης. Το ενισχυτικό έλασμα καθιστά το άκρο του καλωδίου ελαφρώς παχύτερο.

Αυτή είναι μια νέα μορφή του καλωδίου οι οποία αποτελείται από μονωτικά υλικά, χαλκό και άλλα τα οποία αυτά υλικά παντρεύονται μέσω συσκευών αυτοματισμού υψηλής τεχνολογίας. Αυτό του είδους καλώδιο είναι εύκολο να συνδεθεί και συναρμολογηθεί και αποσυναρμολογηθεί επίσης είναι αρκετά ευέλικτο, ευλύγιστο και αναδιπλούμενο, λεπτό και μικρό. Εκτός από αυτά το καλώδιο FFC είναι σε θέση να λύση ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

### Διάφορα τύποι CABLE JUMPER :



Εικόνα 6.2.1: Cable



Εικόνα 6.2.2: Cable



Εικόνα 6.2.3: Cable



Εικόνα 6.2.4: Cable

## Molex 6 Way Flat Ribbon Cable, Series PREMO-FLEX FFC JUMPER



Εικόνα 6.2.5: Cable

### Περιγραφή Προδιαγραφών :

<input type="checkbox"/>	Number of Ways	6
<input type="checkbox"/>	Sheath Colour	Grey
<input type="checkbox"/>	Voltage Rating	60 V ac
<input type="checkbox"/>	Hi-Flex	Yes
<input type="checkbox"/>	Minimum Operating Temperature	-40°C
<input type="checkbox"/>	Maximum Operating Temperature	+105°C
<input type="checkbox"/>	Series	PREMO-FLEX FFC JUMPER
<input type="checkbox"/>	High Density	Yes
<input type="checkbox"/>	Select all	

## 4 way FFC cable jumper, 1.2A 60V 1mm



Εικόνα 6.2.6: Cable

### Περιγραφή Προδιαγραφών :

<input checked="" type="checkbox"/>	Cable Shape	Ribbon
<input checked="" type="checkbox"/>	Halogen Free	No
<input checked="" type="checkbox"/>	Hi-Flex	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	High Density	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	Maximum Operating Temperature	+105°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Minimum Operating Temperature	-40°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Number of Ways	4
<input checked="" type="checkbox"/>	Pitch	1mm
<input checked="" type="checkbox"/>	Screened/Unscreened	Unscreened
<input checked="" type="checkbox"/>	Voltage Rating	60 V ac

## 4 way FFC cable, 1A 90V 152mm L 1.25m



Εικόνα 6.2.7: Cable

### Περιγραφή Προδιαγραφών :

<input checked="" type="checkbox"/>	Number Of Ways	4
<input checked="" type="checkbox"/>	Pitch	1.25mm
<input checked="" type="checkbox"/>	Voltage Rating	60 V ac
<input checked="" type="checkbox"/>	Minimum Operating Temperature	-40°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Maximum Operating Temperature	+105°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Hi-Flex	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	Cable Shape	Ribbon
<input checked="" type="checkbox"/>	Halogen Free	No
<input checked="" type="checkbox"/>	High Density	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	Screened/Unscreened	Unscreened

## 6.3 Ακιδοσειρά

Θα χρησιμοποιήσουμε τις ακιδοσειρές στις πλακέτες μας έτσι ώστε να μπορούμε να κάνουμε σημεία επαφής για τις καλωδιώσεις μας.

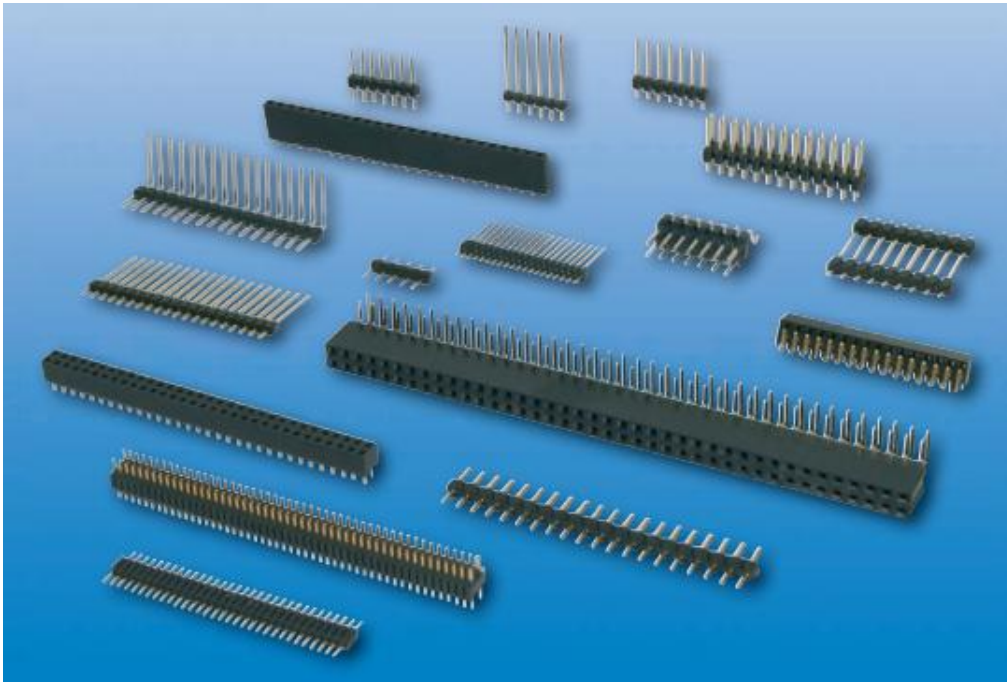
ASSMANN WSW AW140 Series, 2.54mm Pitch 36 Way 1 Row Straight PCB Header, Solder Termination, 3A



Εικόνα 6.3.1: Ακιδοσειρά

<input type="checkbox"/>	Number of Contacts	36
<input type="checkbox"/>	Pitch	2.54mm
<input type="checkbox"/>	Number of Rows	1
<input type="checkbox"/>	Type	Board to Board
<input type="checkbox"/>	Body Orientation	Straight
<input type="checkbox"/>	Termination Method	Solder
<input type="checkbox"/>	Current Rating	3A
<input type="checkbox"/>	Series	AW140
<input type="checkbox"/>	CAD Drawing	3D CAD Model
<input type="checkbox"/>	Contact Material	Brass
<input type="checkbox"/>	Voltage Rating	250 V ac
<input type="checkbox"/>	Select all	

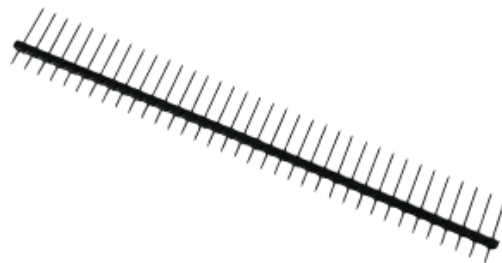
Διάφοροι τύποι ΑΚΙΔΟΣΕΙΡΩΝ :



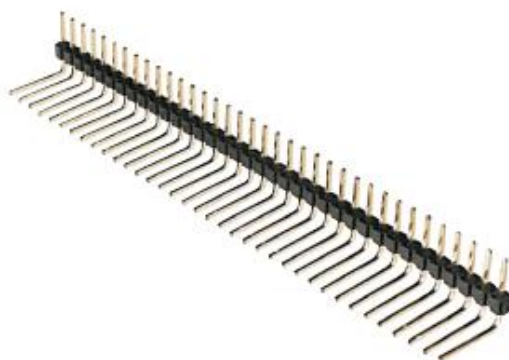
Εικόνα 6.3.2: Ακιδοσειρά



Εικόνα 6.3.2: Ακιδοσειρά



Εικόνα 6.3.2: Ακιδοσειρά



Εικόνα 6.3.2: Ακιδοσειρά

