

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σχολή Εφαρμοσμένων Επιστημών -
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών
Τ.Ε.

Υλοποίηση Ενθόρυβου Παρεμβολέα Φασματικής Ζώνης Κάτω Ζεύξης σε Ασύρματα Συστήματα.

Επιβλέπων Καθηγητής : Ιωάννης
Μπαρμπουνάκης

Δημήτρης Χαρούλης
Ιούνιος 2015
Χανιά Κρήτης

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	1
2	Περιοχές Συχνοτήτων Κινητής Τηλεφωνίας.....	3
2.1	Γενιές Κινητής Τηλεφωνίας.....	3
2.2	Φασματικές Ζώνες Κινητής Τηλεφωνίας	7
3	Κατασκευή Τοπικής Παρεμβολής Θορύβου στην Φασματική Ζώνη Κάτω Ζεύξης Κινητής Τηλεφωνίας (Mobile Phone Jammer).....	9
3.1	Γεννήτρια Πριονωτής Τάσης	9
3.2	Γεννήτρια Θορύβου	11
3.3	Αθροιστής - Adder	12
3.4	Ταλαντωτής Ελεγχόμενος από Τάση (V.C.O.).....	14
3.5	Πρωτότυπο Ολοκληρωμένο Κύκλωμα	16
4	Διορθώσεις και Αντιμετώπιση Προβλημάτων	21
4.1	Νέα Κυκλώματα : Πριονωτής Τάσης , Θορύβου , Μίκτης	21
4.2	PCBΚυκλωμάτων– Πλακέτες Κυκλωμάτων	26
4.3	Μετρήσεις στο Φασματογράφο	32
4.4	Ενδεικτικά Κόστη Κατασκευής.	36
5	Συμπεράσματα.....	37

1 Εισαγωγή

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζονται τα διάφορα στάδια κατασκευής μιας συσκευής που προκαλεί παρεμβολή μέσω σήματος θορύβου κατάλληλης ισχύος σε συστήματα κινητής τηλεφωνίας και Wi-Fi. Βασισμένος στην πτυχιακή εργασία του Γιώργου Χαρούλη που κατέληξε σε μια πρώτη σχεδιαστική έκδοση των βασικών κυκλωμάτων που συναποτελούν μια τέτοια συσκευή, ξεκίνησα να εμβαθύνω στα Ηλεκτρονικά Στοιχεία και να προχωρήσω στην κατασκευή μέσα από μια σειρά διαδικασιών που ακολουθεί ένας Ηλεκτρονικός μηχανικός σε αυτές τις περιπτώσεις. Η κατασκευή μας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εσωτερικούς χώρους και η κάλυψη-εμβέλεια που προσφέρει είναι μερικών μέτρων με σκοπό να αποσυνδέσει τις ασύρματες συσκευές από την επικοινωνία τους με τον εκάστοτε σταθμό βάσης. Στην σχεδίαση-υλοποίηση μας χρησιμοποιούμε τις περιοχές συχνοτήτων που έχουν δεσμευμένες οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας στη χώρα μας καθώς και την ζώνη 2.4-2.5Ghz που δεν απαιτεί αδειοδότηση για συστήματα Wi-Fi. Στο δεύτερο κεφάλαιο ξεκινώ

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

με την περιγραφή των περιοχών συχνοτήτων που χρησιμοποιούν οι διαφορετικές γενιές συστημάτων κινητής τηλεφωνίας (από 1^η έως 4^η). Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται τα βασικά κυκλώματα από τα οποία αποτελείται η συσκευή μας και στα οποία βασίστηκα για να προχωρήσω στην υλοποίηση της πιλοτικής κατασκευής του παρεμβολέα. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται κατασκευαστικά λάθη που εντοπίστηκαν στις πρώτες πλακέτες και οδήγησαν στην τελική βελτιωμένη κατασκευή μέσα από μια σειρά στοχευόμενων βελτιώσεων. Στο πέμπτο κεφάλαιο ολοκληρώνω την πτυχιακή μου εργασία με μια σύντομη αναφορά στα προβλήματα που συνάντησα καθώς και τα μελλοντικά βήματα που μπορούν να βελτιώσουν την κατασκευή μου.

2 Περιοχές Συχνοτήτων Κινητής Τηλεφωνίας

2.1 Γενιές Κινητής Τηλεφωνίας

Πρόκειται για υλικό που έχω πάρει από την πτυχιακή εργασία του Γεώργιου Χαρούλη με την άδεια του προκειμένου να προχωρήσω στην κατασκευή του παρεμβολέα συστημάτων ασύρματων επικοινωνιών. [1]

Η κινητή τηλεφωνία ξεκίνησε με την *πρώτη γενιά* γνωστή ως 1G. Επρόκειτο για ένα ασύρματο, αναλογικό σύστημα που υποστήριζε ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων έως 2,4 kbps πίσω στη δεκαετία του 1980.

Η δεύτερη γενιά (2G) ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας 1980 και αναπτύχθηκε τη *όλη* δεκαετία του 1990. Πλέον η μετάδοση φωνής πραγματοποιούνταν με ψηφιακό σήμα. Η υποστηριζόμενη ταχύτητα ανά κανάλι έφτανε τα 64 kbps. Πλεονεκτούσε σε σχέση με την πρώτη γενιά στο γεγονός ότι οι συνομιλίες μπορούσαν να κρυπτογραφούνται πριν την μετάδοση (μεγαλύτερη ασφάλεια για όσους κρυφακούν) και ότι ο μεγαλύτερος ρυθμός μετάδοσης (φάσμα συχνοτήτων) υποστήριζε και

Δημήτρης Χαρούλης – Πτυχιακή Εργασία 3

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

άλλες υπηρεσίες εκτός φωνής όπως γραπτά μηνύματα SMS και e-mail. Απαιτούσε λιγότερη εκπεμπόμενη ισχύ και κατά συνέπεια προκαλούσε λιγότερη ακτινοβολία.

Η τρίτη γενιά 3G ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας 1990 και αναπτύχθηκε όλη τη δεκαετία του 2000. Οι υποστηριζόμενες ταχύτητες ξεκινούσαν από 128 kbps και έφταναν μέχρι τα 2 Mbps. Μερικά από τα πλεονεκτήματα που εισήγαγε η τεχνολογία τρίτης γενιάς είναι:

- Οι βίντεο-κλήσεις είναι χωρίς αμφιβολία μια από τις πιο πολυσυζητημένες υπηρεσίες των δικτύων 3G. Πλέον, εκτός από το να ακούει κάποιος τον συνομιλητή του, θα μπορεί και να τον βλέπει ζωντανά στην οθόνη του κινητού του. Φυσικά, θα πρέπει να έχουν και οι δύο συμβατές συσκευές.
- Η σύνδεση στο Internet εκτός από άμεση και απρόσκοπτη, δίνει πλέον ταχύτητες που φθάνουν τα 384kbps.
- Οι υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων βοηθούν αρκετά στην ευκολότερη χρήση διαφόρων multimedia εφαρμογών. Για παράδειγμα, η αποστολή ενός MMS σε κάποιον άλλο συνδρομητή δεν απαιτεί περισσότερο από 10 δευτερόλεπτα - όταν στα δίκτυα 2G ο χρόνος αυτός ξεπερνά το 1 λεπτό.

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

- Το video-streaming είναι μια ακόμη από τις υπηρεσίες που παρέχουν τα δίκτυα 3G. Ο υψηλός ρυθμός μετάδοσης επιτρέπει επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, κινούμενης εικόνας και ήχου υψηλής ανάλυσης. Έτσι, παρέχεται η δυνατότητα παρακολούθησης τηλεοπτικών προγραμμάτων, ζωντανά ή μαγνητοσκοπημένα, ανεξαρτήτως τόπου και χρόνου.
- Υπηρεσίες εντοπισμού θέσεως, σε συνδυασμό με την τεχνολογία GPS, οι οποίες συνδυάζοντας χάρτες της περιοχής που βρισκόμαστε, βρίσκουν την βέλτιστη διαδρομή προς τον προορισμό μας διάφορα γειτονικά σημεία ενδιαφέροντος κλπ.

Η τεχνολογία 4G όπως δηλώνει και το όνομά της είναι η διάδοχος γενιά των 2G και 3G. Στη γενιά 2G περάσαμε από τη αναλογική στην ψηφιακή μετάδοση όπου μπορούσαμε να στείλουμε μηνύματα ή να έχουμε e-mail στο κινητό μας και έπειτα περάσαμε στην Τρίτη γενιά (3G) στην οποία μπορούσαμε να έχουμε πρόσβαση στο διαδίκτυο (internet) στο κινητό ή στον υπολογιστή καθώς επίσης και να μεταφορτώνουμε video αρχεία μουσικής με ταχύτητες έως 1.4 Mbps.

Με την τεχνολογία 4G επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ευρυζωνικότητα ανάλογη αυτής το Wi-Fi αλλά σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις από αυτή των 100 μέτρων που ισχύει για το Wi-Fi.

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

Επίσης οι υποστηριζόμενες ταχύτητες για ανέβασμα ή κατέβασμα αρχείων γίνονται πολύ μεγαλύτερες, όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες.

	Standard	Download	Download
2.5G	GPRS	114 Kbps	20 Kbps
2.75G	EDGE	384 Kbps	60 Kbps
3G	UMTD	384 Kbps	64 Kbps
	W-CDMA	2 Mbps	153 Kbps
	HSPA 3.6	3.6 Mbps	348 Kbps
	HSPA 7.2	7.2 Mbps	2 Mbps
Pre-4G	HSPA 14	14 Mbps	5.7 Mbps
	HSPA +	56 Mbps	22 Mbps
	WiMAX	6 Mbps	1 Mbps
	LTE	100 Mbps	50 Mbps
4G	WiMAX 2	1 Gbps	500 Mbps
	LTE Advanced	1 Gbps	500 Mbps

	Standards	Technology	Voice Switching	Data Switching	Data Rates
1G	AMPS,TACS	Analog	Circuit	Circuit	N/A
2G	GSM,CDMA,EDGE,GPRS	Digital	Circuit	Circuit	236.8 kbps
3G	YTMS,CDMA2000,HSPDA,EVDO	Digital	Circuit	Packet	384 kbps
4G	LTE Advanced,IEEE 802.16 (WiMax)	Digital	Packet	Packet	Up to 1 Gbps

2.2 Φασματικές Ζώνες Κινητής Τηλεφωνίας

Οι ζώνες συχνοτήτων που χρησιμοποιούν οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα είναι:

	2G		3G		4G		Wi-Fi 2400 - 2500
	Up link	Down link	Up link	Down link	Up link	Down link	
Cosmote	880-890	925-935	1950-1965	2140-2155	1750-1785	1845-1880	
Wind	890-900	935-945	1940-1950	2130-2140	1710-1725	1805-1820	
Vodafone	900-915	945-960	1920-1940	2110-2130	1725-1750	1820-1845	

Εμείς ασχολούμαστε αποκλειστικά με την τοπική παρεμβολή θορύβου στις φασματικές ζώνες Κάτω Ζεύξης, στην ασύρματη επικοινωνία του σταθμού της εταιρίας κινητής τηλεφωνίας με το κινητό

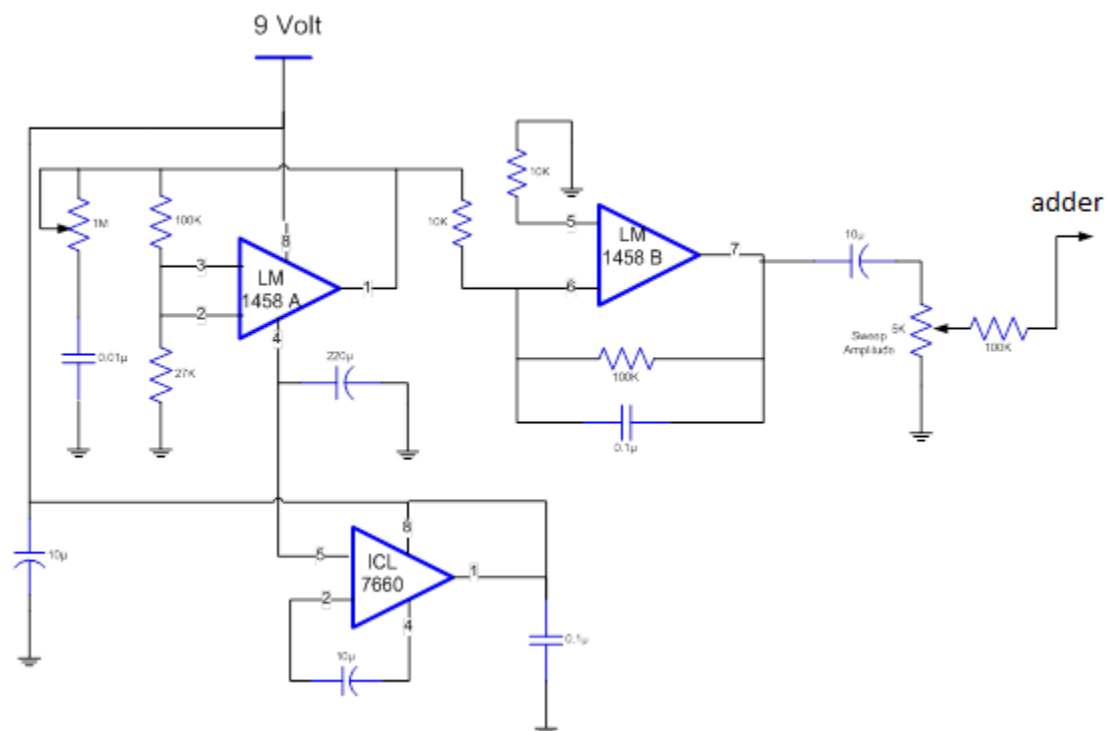
Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

τηλέφωνο(Σταθμού Βάσης → Κινητό). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την περιορισμένη διακοπή της επικοινωνίας του κινητού τηλεφώνου με το σταθμό βάσηςσε μικρήγεωγραφική εμβέλεια γύρω από το κινητό.

Οι συχνότητες Άνω ΖεύξηςUp-Link χρησιμοποιούνται για την εκπομπή του κινητού τηλεφώνου προς την κεραία του σταθμού βάσης της εταιρίας κινητής τηλεφωνίας. Αν παρεμβάλαμε θόρυβο σε αυτό το εύρος συχνοτήτων, τότε θα προκαλούσαμε παρεμβολή στην λήψη του ασύρματου σταθμού βάσης και όχι στην λήψη του κινητού τηλεφώνου, με ενδεχόμενο μπλοκάρισματου δίκτυο κάλυψης του παρόχου με τις όποιες συνέπειες.

3 Κατασκευή Τοπικής Παρεμβολής Θορύβου στην Φασματική Ζώνη Κάτω Ζεύξης Κινητής Τηλεφωνίας (Mobile Phone Jammer)

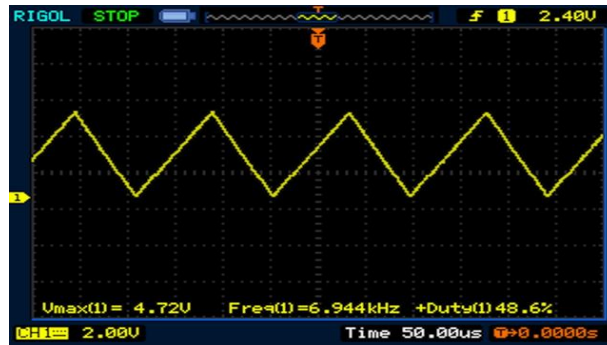
3.1 Γεννήτρια Πριονωτής Τάσης



Σαν πρώτο κύκλωμα υλοποίησα την γεννήτρια πριονωτής τάσης που αποτελείται από τελεστικούς ενισχυτές ([LM1458A-B](#)) [2] για την παραγωγή της πριονωτής τάσης. Οι τελεστικοί ενισχυτές χρειάζονται συμμετρική τροφοδοσία για να λειτουργήσουν γι' αυτό χρησιμοποιούμε το [ICL7660](#)[3] το οποίο είναι ένας αντιστροφέας τάσης. Η πριονωτή

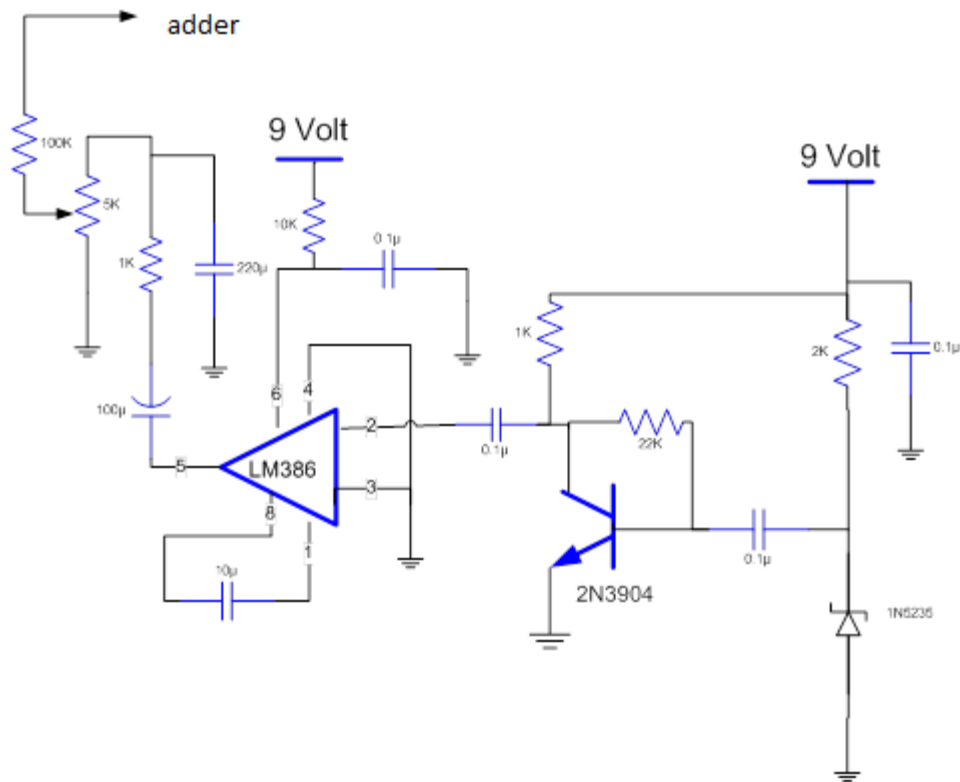
Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

τάση που παράγεται στην έξοδο του κυκλώματος που υλοποίησα της, φαίνεται στην εικόνα 3.1 σε λήψη από ψηφιακό παλμογράφο.

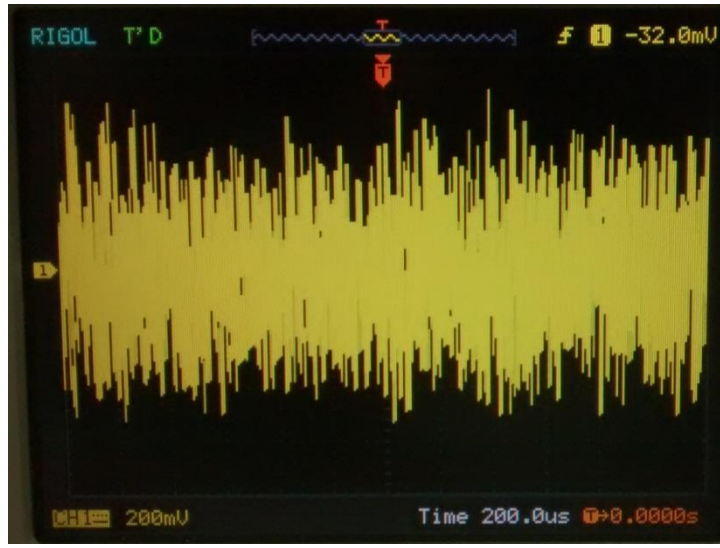


Εικόνα 3.1

3.2 Γεννήτρια Θορύβου

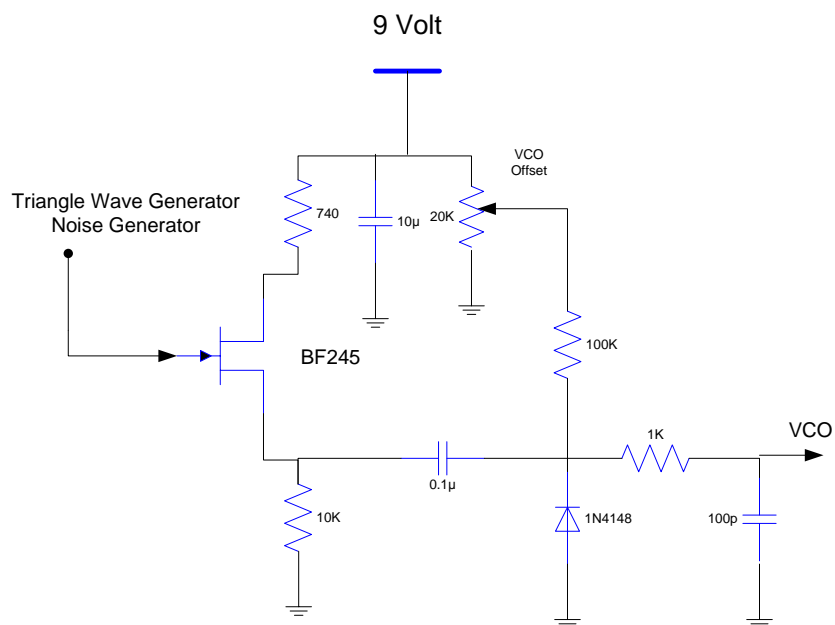


Στο δεύτερο κύκλωμα χρησιμοποιήσα μια δίοδοzener 1N5235 σαν πηγή θορύβου σε σειράμε το transistor 2N3904 για ενίσχυση. Προκειμένου να φτάσω στο επιθυμητό επίπεδο ισχύος τον παραγόμενο θόρυβο πρόσθεσα στο κύκλωμα μου τον ενισχυτή τάσης ([LM386](#)) [4]. Τέλος χρησιμοποιούμε tottrimmer 5K για να είμαστε σε θέση να ρυθμίζουμε την στάθμη του θορύβου πριν από την είσοδο της στο κύκλωμα αθροιστή. Στην εικόνα 3.2 φαίνεται ο Θόρυβος ο οποίος δημιουργείται.Όπως βλέπετε, ο θόρυβος είναι χαμηλός (200mV) διότι δεν έχουμε χρήση της αύξησης που κάνει το ποτενσιόμετρο.



Εικόνα 3.2

3.3 Αθροιστής - Adder



Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

Ο αθροιστής μας αποτελείται από το FET [BF245](#)[5] που συνδυάζει την πριονωτή τάση με τον θόρυβο για να οδηγήσει το τελικό σήμα στονελεγχόμενο από τάση ταλαντωτή V.C.O. Με αυτόν τον τρόπο, καταφέρνουμε να επικαθήσει ο θόρυβος πάνω στην πριονωτή τάση.

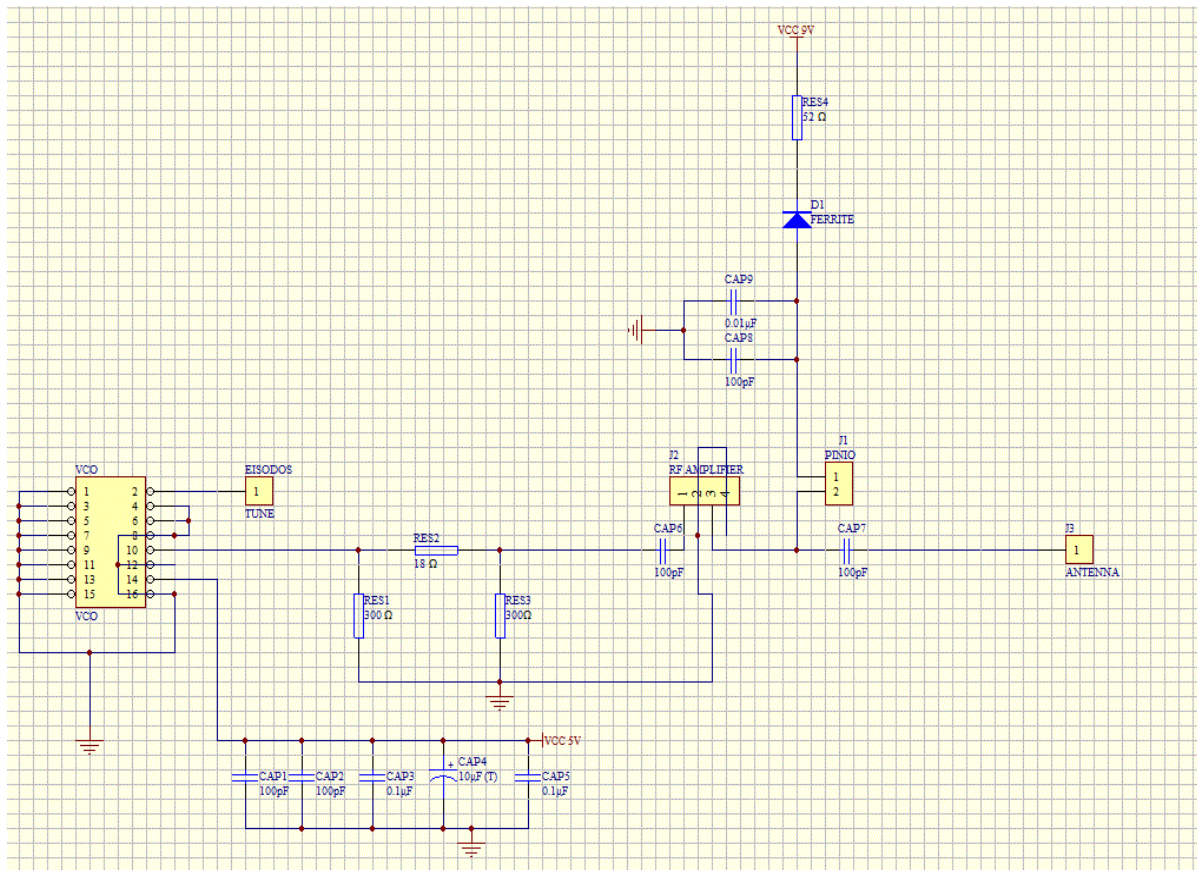
Εκτός από την άθροιση των δυο σημάτων πριονωτής τάσης και θορύβου, το κύκλωμα του αθροιστή μέσω του trimmer 20K ρυθμίζει την στάθμη Offset του ταλαντωτή, με παράλληλο μηδενισμό των σημάτων πριονωτής τάσης και θορύβου μέσω των trimmer 5K όπως προαναφέραμε στις παραπάνω διαφάνειες.

Παρακάτω, φαίνεται η κυματομορφή της πριονωτής τάσης που παράγεται στην έξοδο του μείκτη πάνω στην οποία έχει επικαθήσει ο θόρυβος. Η συγκεκριμένη ενθόρυβη πριονωτή τάση οδηγείται στην συνέχεια στο VCO.



Εικόνα 3.3

3.4 Ταλαντωτής Ελεγχόμενος από Τάση (V.C.O.)



Το κύκλωμά μας αποτελείται από 4V.C.O. ([ROS-1000V+](#), [ROS-1990+](#),[ROS2252C-119+](#),[ROS-2490+](#)) [6-9] των οποίων η είσοδος οδηγείται από τον αθροιστή που αναφερθήκαμε παραπάνω, ενώ η έξοδός τους ενισχύεται από τους ενισχυτές [ERA-5SM](#). [10]

Όπως είπαμε και παραπάνω, πρέπει πρώτα να ρυθμίσουμε το V.C.O. στο κέντρο της ζώνης συχνοτήτων που θέλουμε να παρεμβάλουμε.

Αφού έχουμε ρυθμίσει την κεντρική συχνότητα, προσθέτουμε το κατάλληλο σήμα πριονωτής τάσης ώστε να καλύψουμε το εύρος της

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

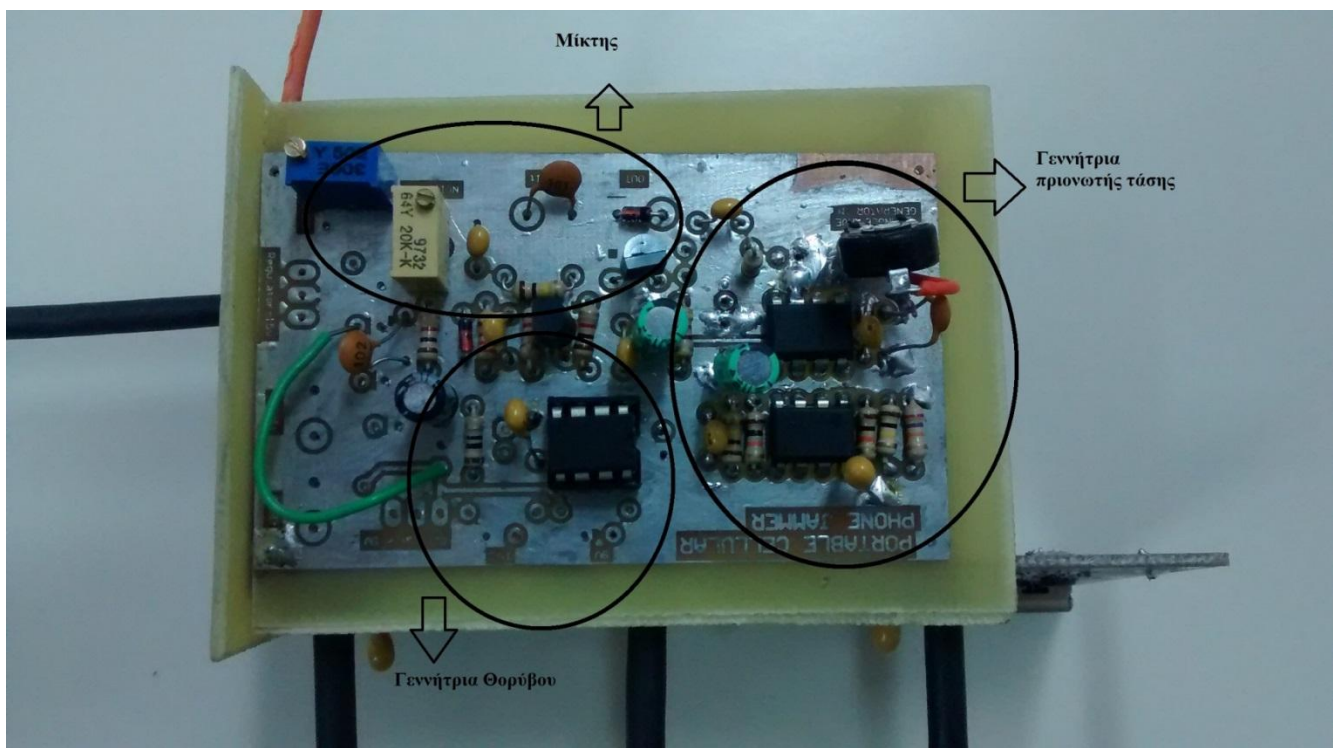
συγκεκριμένης ζώνης συχνοτήτων και τον θόρυβο κατάλληλης ισχύος που προκαλεί την παρεμβολή.

3.5 Πρωτότυπο Ολοκληρωμένο Κύκλωμα

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρουσιάζεται το αρχικό πρωτότυπο κύκλωμα που λειτούργησε πριν γίνουν οι κατάλληλες διορθώσεις που παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο .

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα αρχικά πρωτότυπα κυκλώματα που ενώνονται μεταξύ τους .

Στην εικόνα 3.4 βλέπουμε την Γεννήτρια Πριονωτής Τάσης , την Γεννήτρια Θορύβου καθώς και τον Μείκτη.



Εικόνα 3.4: Αρχική Πλακέτα Κυκλώματος

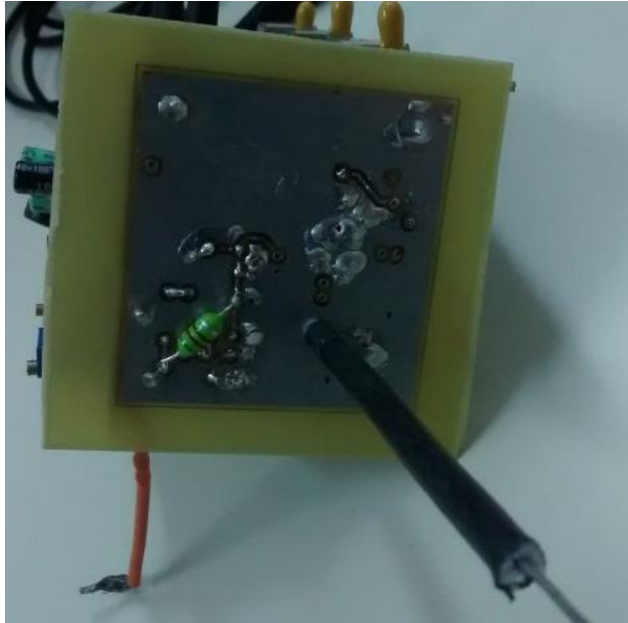
Στην εικόνα 3.5 βλέπουμε τα VCO τα οποία δουλεύουν στα εύρη συχνοτήτων 2G,4G,Wi-Fi,ενώ στην εικόνα 3.6 φαίνεται το VCOτο οποίο δουλεύει στο εύρος 3G.

Το VCO του εύρους3G τοποθετήθηκε σε διαφορετική πλακέτα διότι έπρεπε να εξεταστεί εάν το αρχικό κύκλωμά μας λειτουργεί σωστά διότι σε αντίθετη περίπτωση η αποκόλληση του VCO για επαναχρησιμοποίηση είναι δύσκολη.

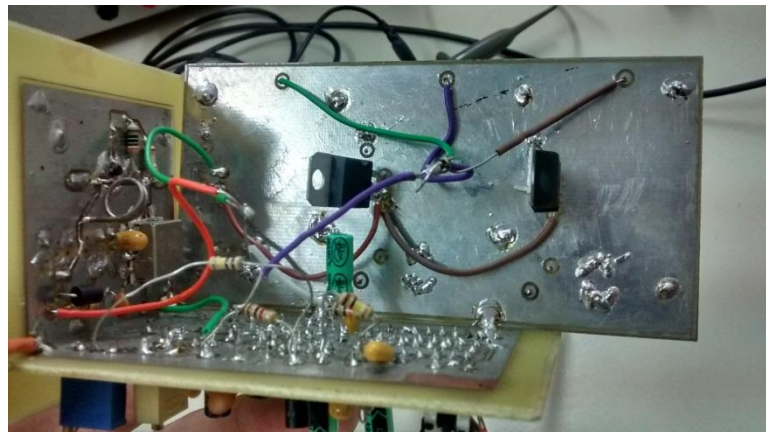


Εικόνα 3.5: Κύκλωμα Τριών Ταλαντωτών

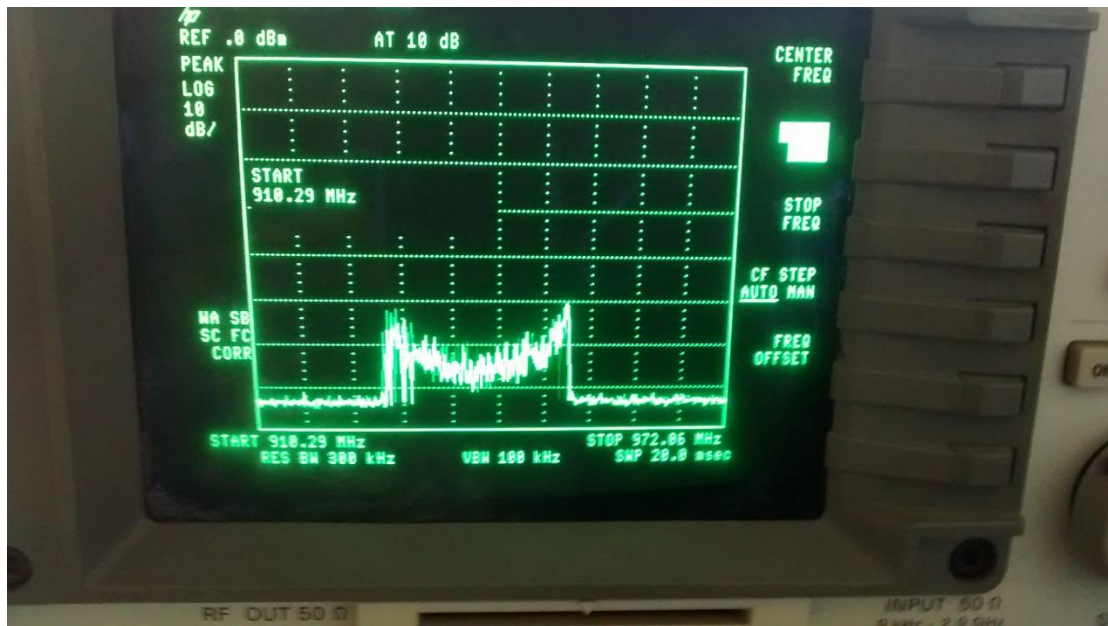
Στην εικόνα 3.7 βλέπουμε την πίσω όψη των κυκλωμάτων μας. Οι πλακέτες έχουν ενωθεί μέσω γειώσεων.



Εικόνα 3.6: 3G Κύκλωμα



Εικόνα 3.7: Πίσω Όψη



Εικόνα 3.8: Παρεμβολή στον Φασματογράφο

Στην εικόνα 3.8 έχουμε τον φασματογράφο στον οποίο βλέπουμε την παρεμβολή την οποία δημιουργούμε στο εύρος συχνοτήτων από 930MHz έως 955MHz (2G) ενώ η περιοχή συχνοτήτων Κάτω Ζεύξης της κινητής τηλεφωνίας στην ζώνη 2G είναι από 925MHz έως 960MHz.

Βλέπουμε λοιπόν ότι η παρεμβολή η οποία δημιουργούμε δεν καλύπτει επαρκώς το επιθυμητό εύρος συχνοτήτων.

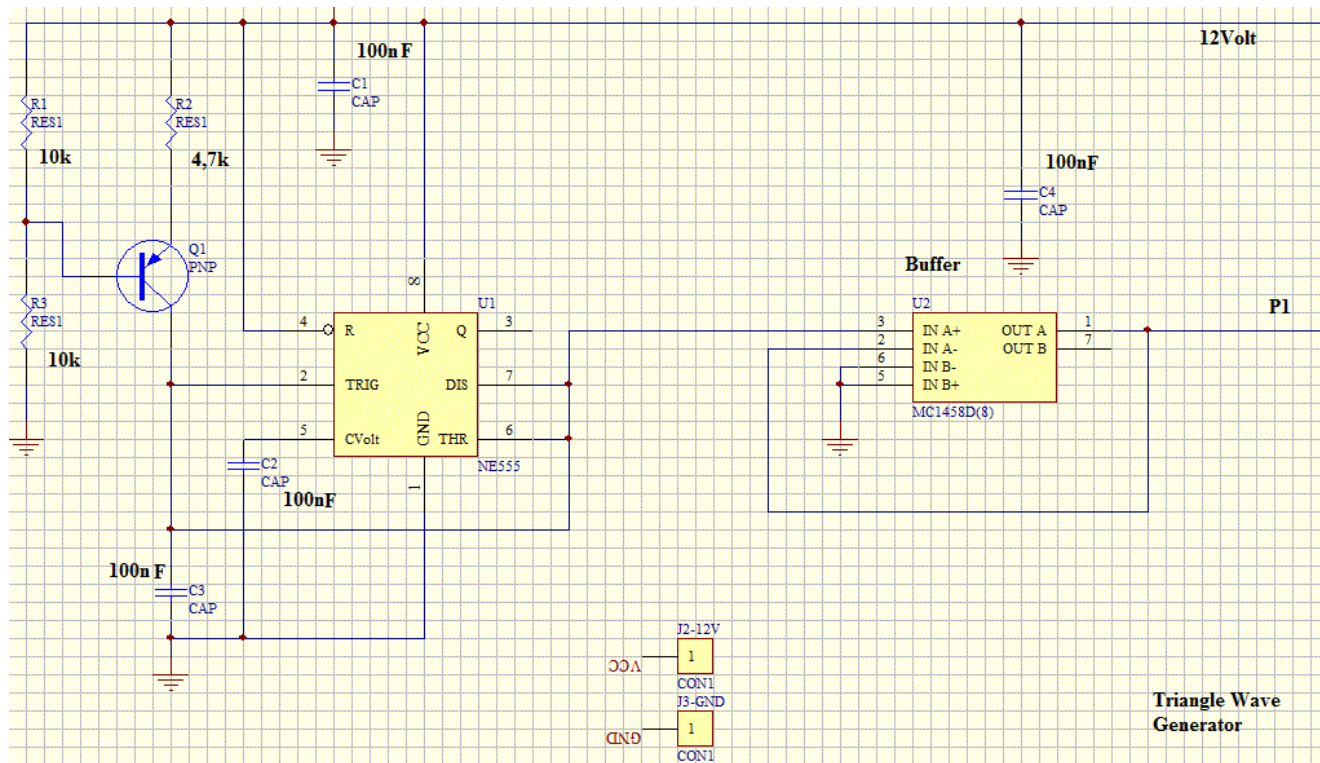
Εφόσον δεν καλύπτονται επαρκώς οι περιοχές συχνοτήτων που σκοπεύουμε να παρεμβάλουμε, δεν προχωρήσαμε σε επόμενες λήψεις φασματικών εικόνων για τις άλλες τρεις ζώνες συχνοτήτων (3G, 4G, Wi-Fi).

Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

Όπως φαίνεται στο κύκλωμα της εικόνας 1 (Πριονωτήταση, Θόρυβος και Μίκης) δεν μπορούμε να ρυθμίσουμε ξεχωριστά τα εύρη συχνοτήτων για κάθε VCO, γιατί χρησιμοποιείται μόνο μια έξοδος που τροφοδοτεί ταυτόχρονα τα τέσσερα VCO.

Για να δώσουμε λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα, φτιάξαμε μια νέα πλακέτα με τέσσερις διαφορετικά σήματα ενθόρυβης πριονωτής τάσης, ένα για την τροφοδοσία καθενός VCO.

4 Διορθώσεις και Αντιμετώπιση Προβλημάτων

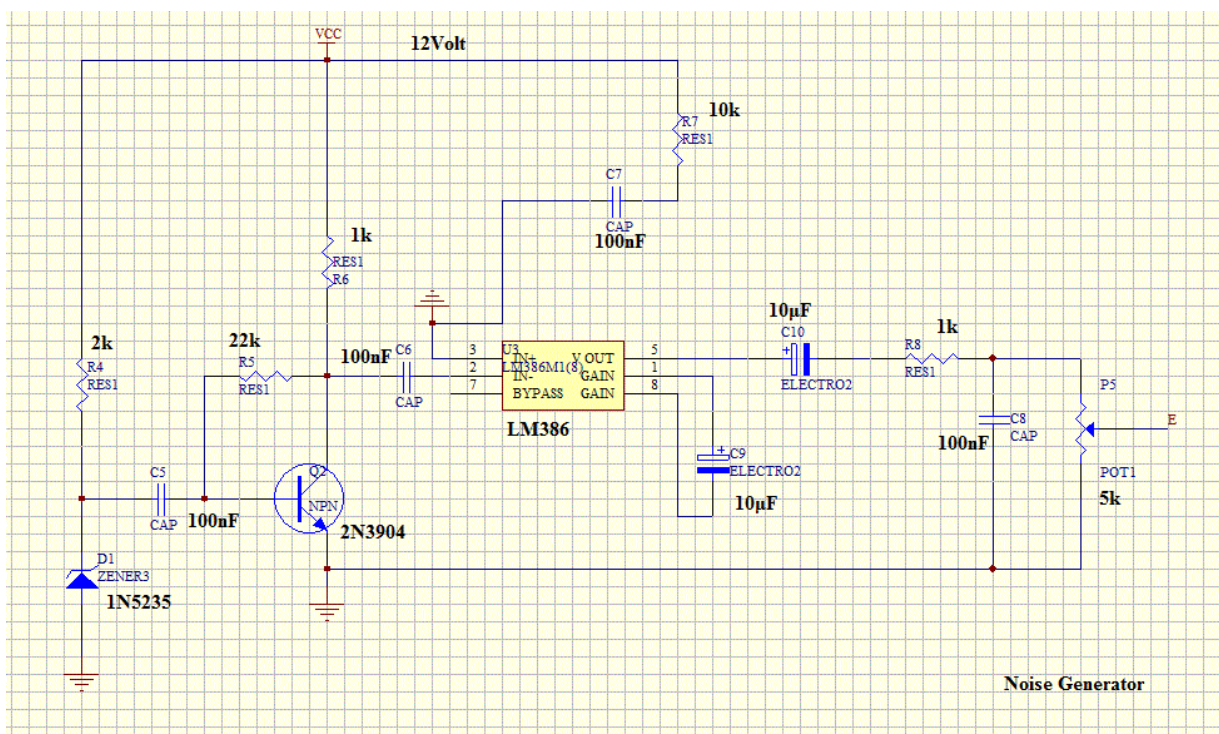


Σχήμα 4.1

4.1 ΝέαΚυκλώματα : Πριονωτής Τάσης , Θορύβου , Μίκτης

Στο σχήμα 4.1 παρουσιάζεται το βελτιωμένο κύκλωμα παραγωγής πριονωτής τάσης. Για τον σκοπό αυτό, έχει χρησιμοποιηθεί το ολοκληρωμένο NE555 σε συνδυασμό με τον πυκνωτή C3 (100nF) και τροφοδοσία 12Volt που διασφαλίζει την ελάχιστη απαιτούμενη τάση των 9Volt στο ποδαράκι 2Ως αποτέλεσμα στο ποδαράκι 6 του 555 δημιουργείται η πριονωτή τάση (Εικόνα 4.1) και στη συνέχεια

οδηγείται σε ένα αναπομονωτή τάσης (Buffer [MC1458](#))[11] ώστε τα χαρακτηριστικά της (πλάτος, συχνότητα) να μην επηρεάζονται από την αντίσταση εισόδου της επόμενης βαθμίδας.



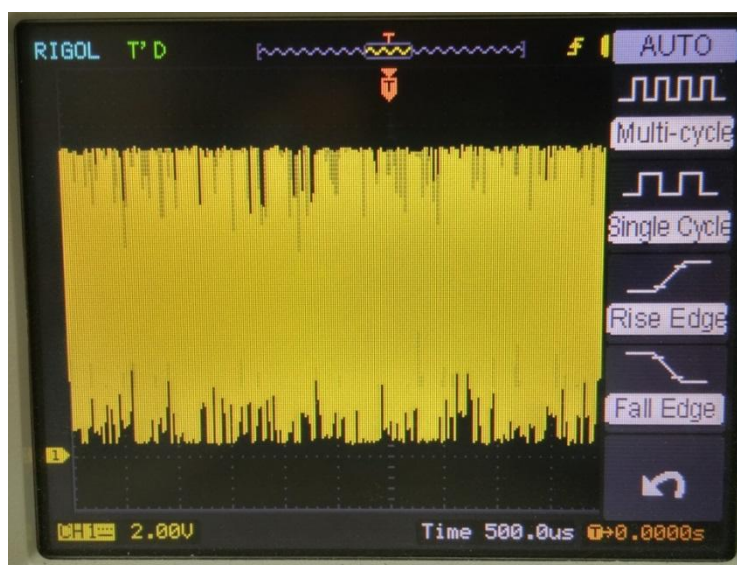
Σχήμα 4.2

Εικόνα 4.1

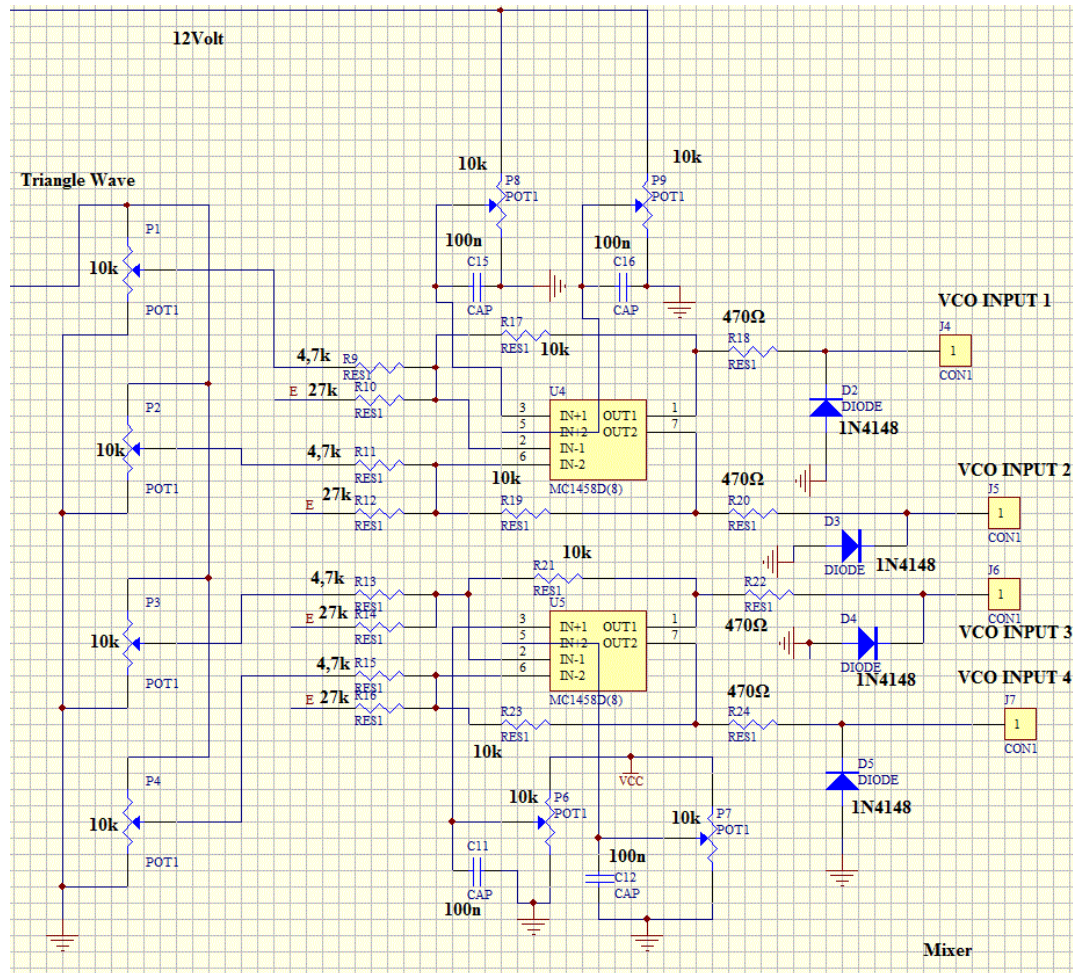
Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

Στο σχήμα 4.2 φαίνεται το κύκλωμα της παραγωγής Θορύβου στο οποίο δεν έχει γίνει καμία τροποποίηση από το αρχικό. Η έξοδος οδηγείται στο σημείο E μέσω του trimmer 5k(POT1)όπου βρίσκεται ο Μείκτης.

Στην εικόνα 4.2 βλέπεται τον θόρυβο ο οποίος είναι αρκετά ψηλός (δυνατός) εδώ τον έχουμε ρυθμίσει.



Εικόνα 4.2



Σχήμα 4.3

Στο σχήμα 4.3 βλέπουμε ένα καινούργιο κύκλωμα με 4

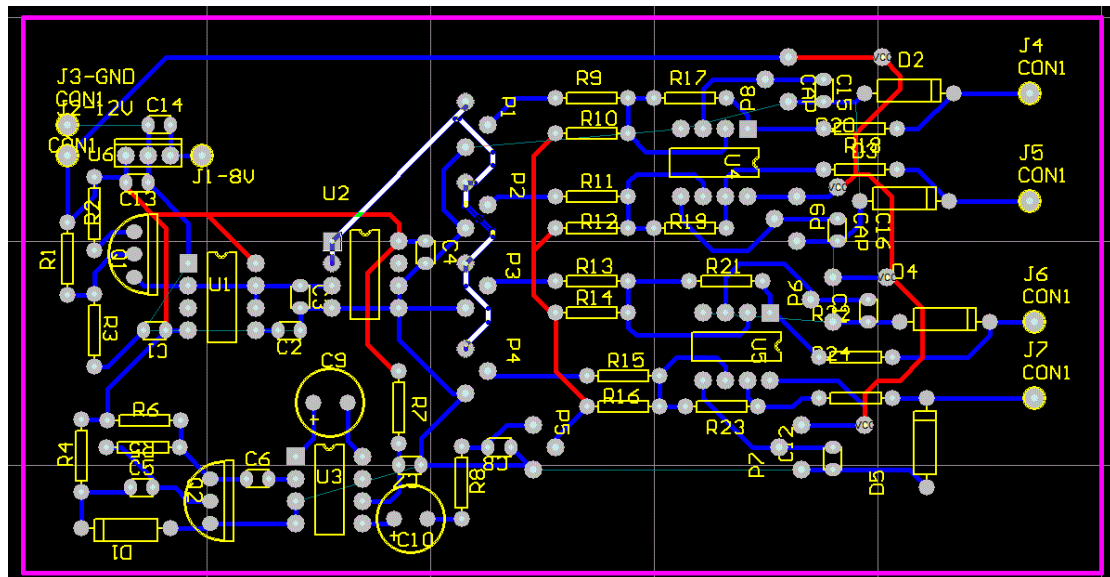
Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών

ποτενσιόμετρα στην σειρά που δέχονται την προιωνωτήταση και την οδηγούν στον αντίστοιχο μείκτη μέσω της αντίστασης 4,7kόπου συνδυάζεται με τον θόρυβο. Κάθε ποτενσιόμετρο (P6 έως P9)ρυθμίζειξεχωριστά το offset του αντίστοιχου VCO. Μετο VCOoffsetρυθμίζουμε τηνDC συνιστώσα τηςπροιωνωτήσάσηςέτσι ώστε να βρίσκεται μεταξύ τωνκατάλληλωνσημείων-κορυφών(V-tune).Έπειτα στον μείκτηεπικάθεται οθόρυβοςπάνω στην ήδηδιαμορφωμένηπροιωνωτήταση (εικόνα 4.3) , και το τελικό σήμα οδηγείται στην είσοδο του αντίστοιχου ταλαντωτή (VCO).Οι δίοδοι 1N4148χρησιμοποιούνταιστην είσοδο των ταλαντωτών ώστε να μην περάσει καμία αρνητική τάση.



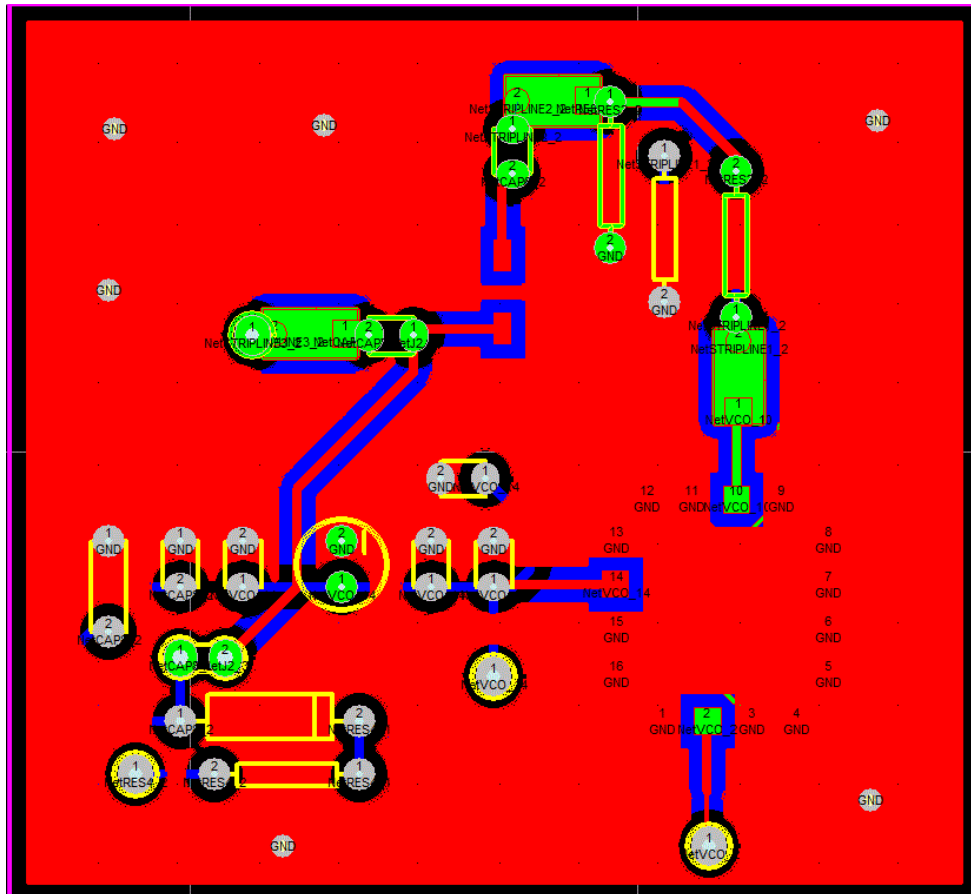
Εικόνα 4.3

4.2 PCBΚυκλωμάτων- Πλακέτες Κυκλωμάτων



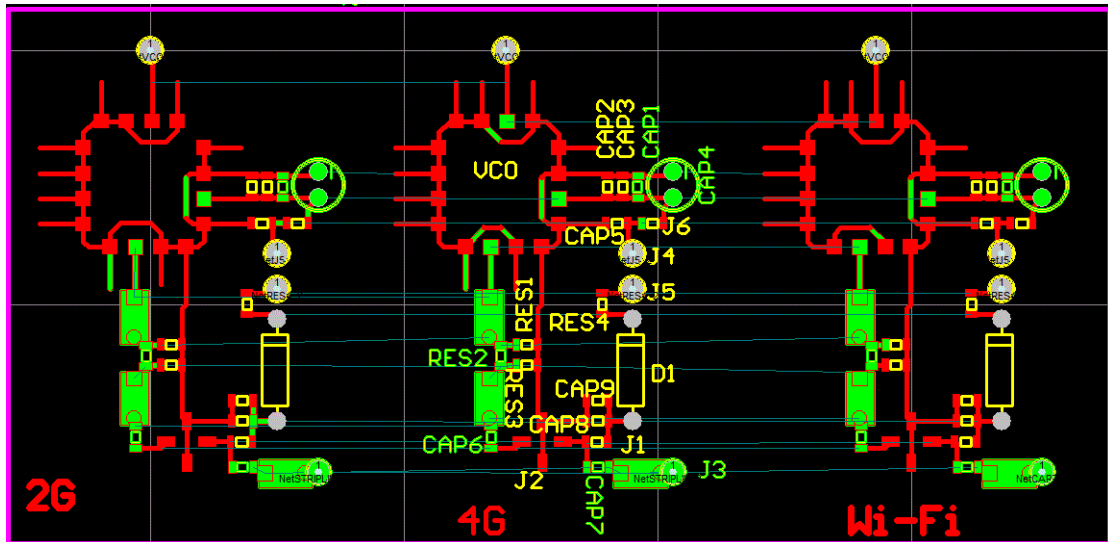
Εικόνα 4.4

Εδώ βλέπετε την τελική PCBπλακέταόπου βρίσκονται τα κυκλώματα Πριονωτής Τάσης, Θορύβου και Μείκτη



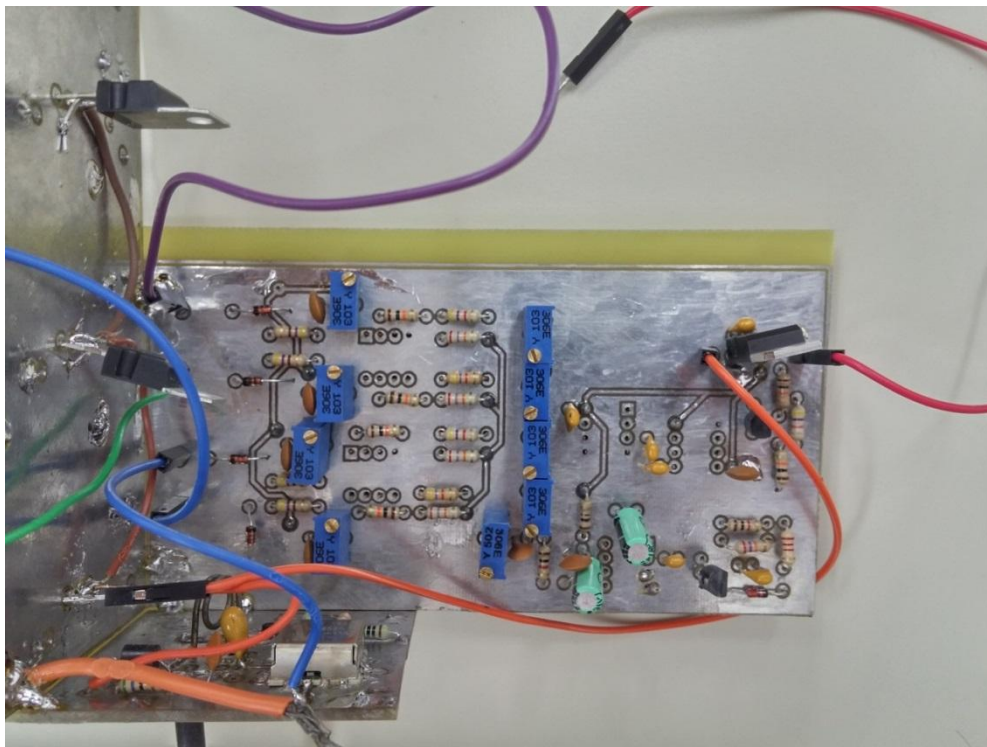
Εικόνα 4.5

Στην εικόνα 4.5 αποτυπώνεται μόνο το VCO της ζώνης συχνοτήτων 3G.



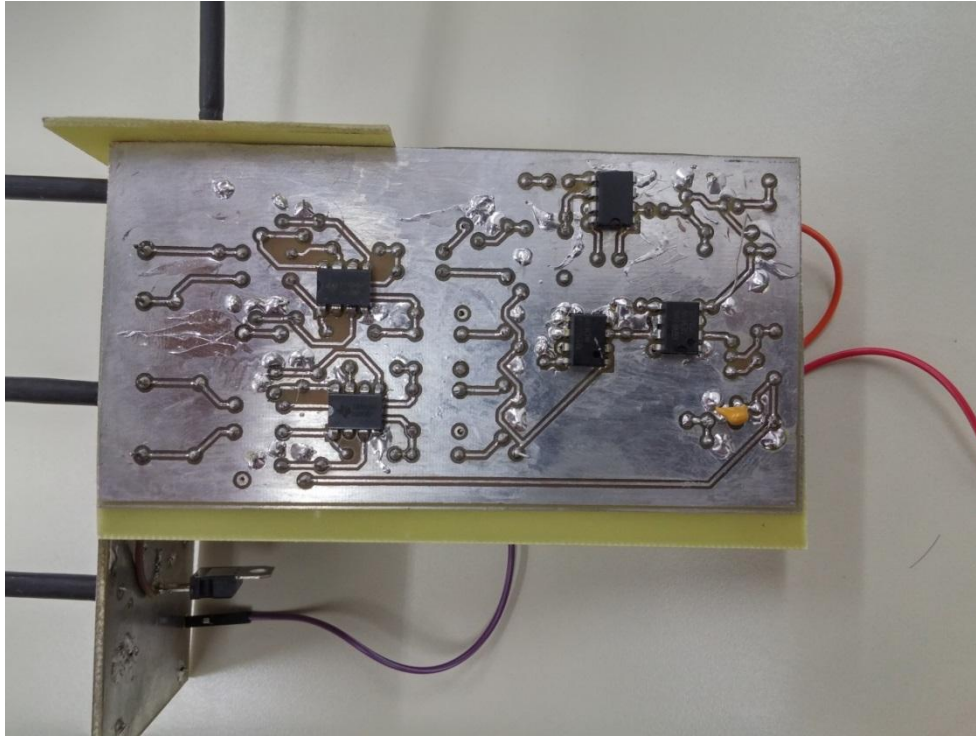
Εικόνα 4.6

Στην εικόνα 4.6 αποτυπώνονται τα υπόλοιπα VCO όλα μαζί σε μία πλακέτα.



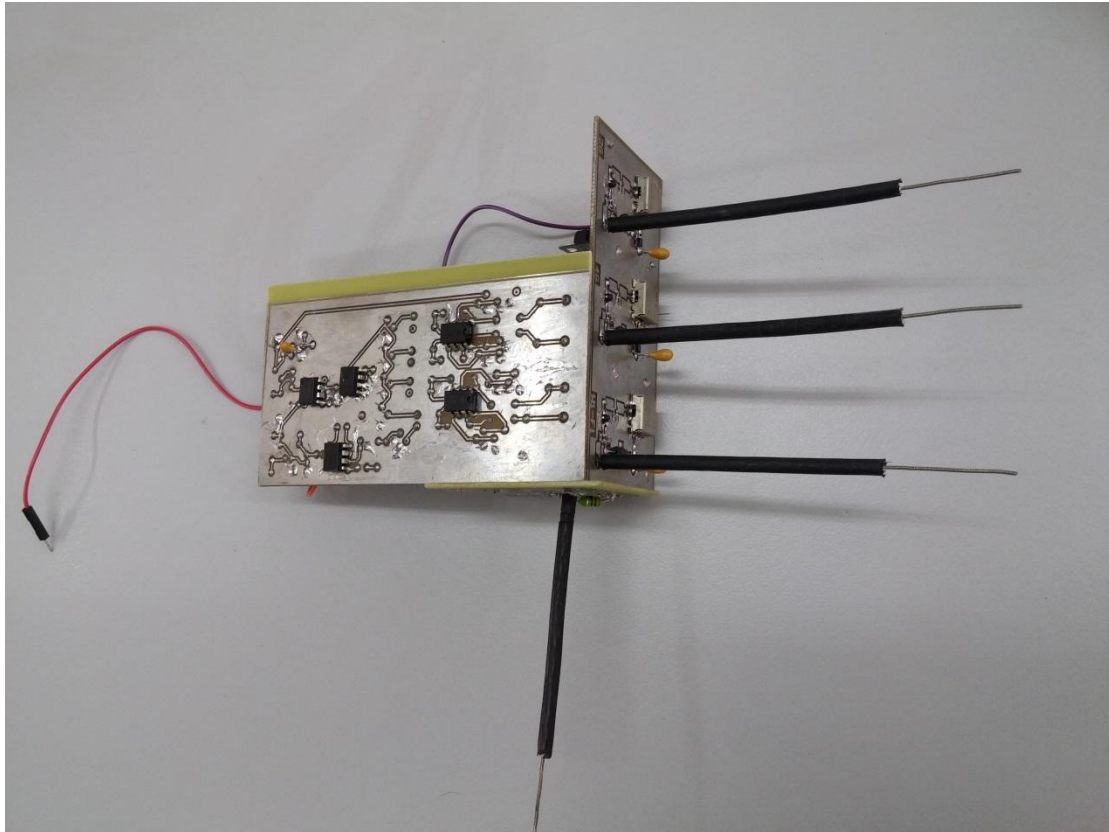
Εικόνα 4.7

Στην εικόνα 4.7 φαίνεται το κύκλωμα Πριονωτής Τάσης , Θορύβου ,
Μείκτης.



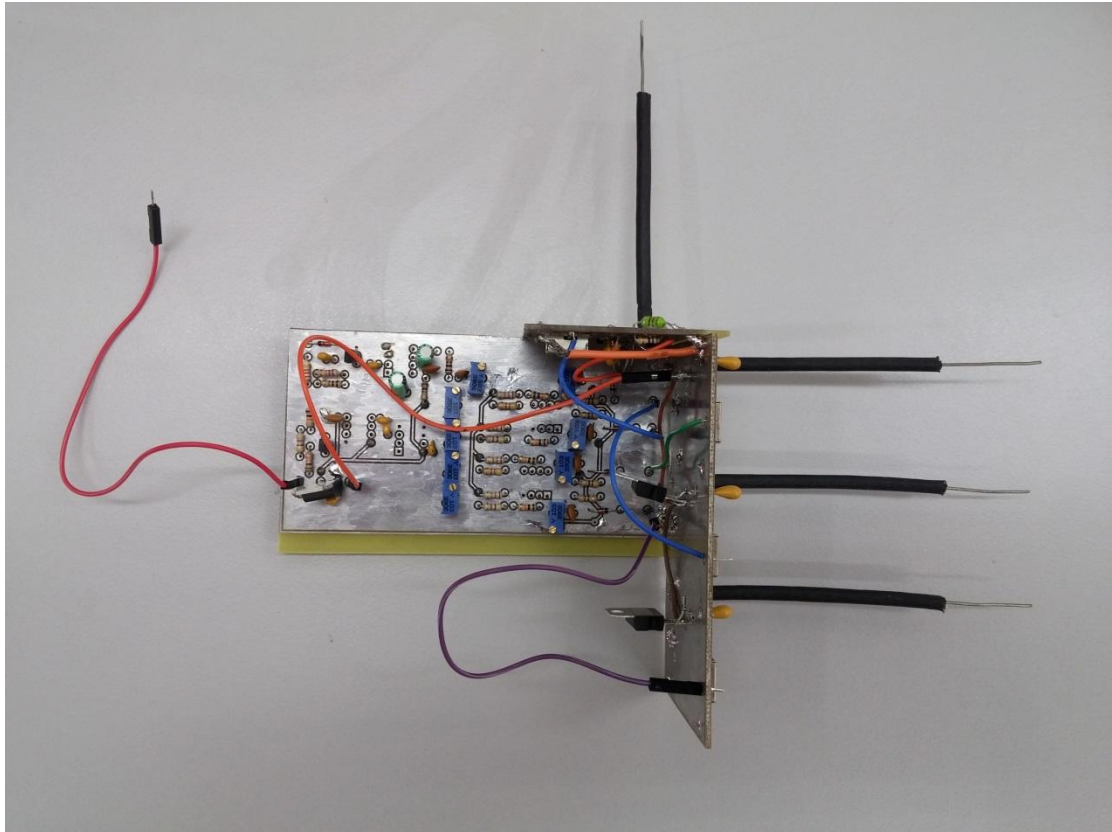
Εικόνα 4.8

Καθώς και η πίσω όψη του στην εικόνα (4.8).



Εικόνα 4.9

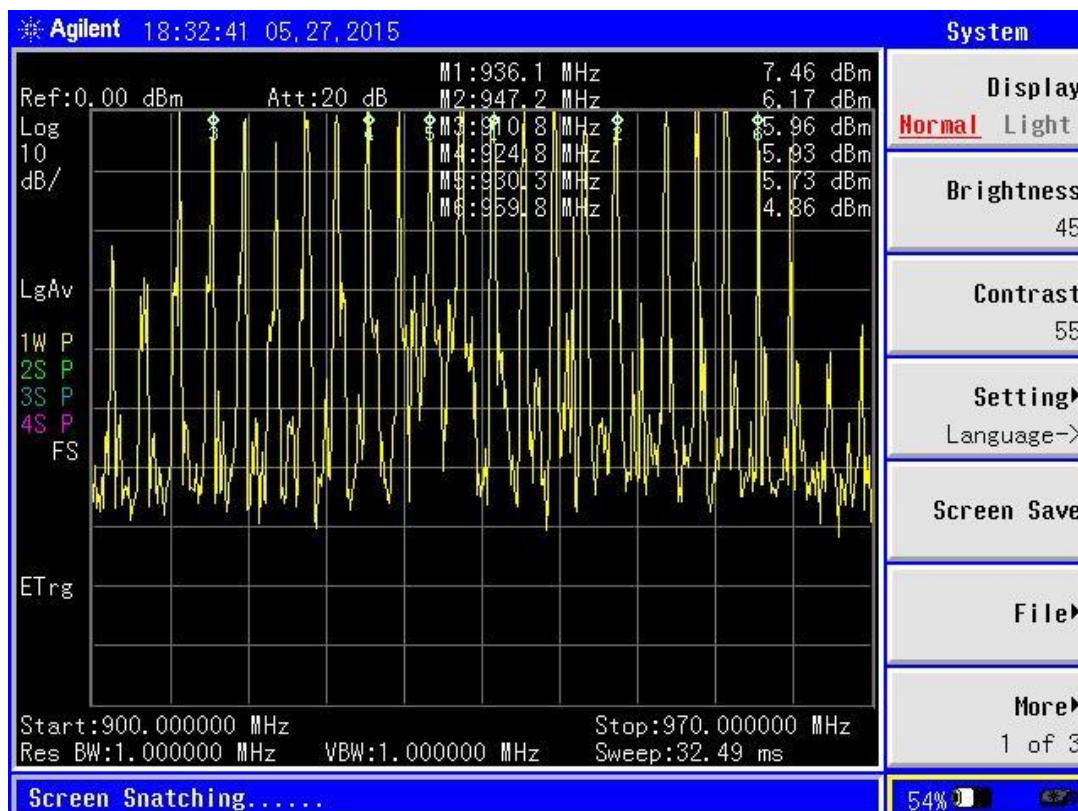
Εδώ είναι μερικές φωτογραφίες από τις πλακέτες όπου έχουν ενωθεί όλες μεταξύ τους με τον απαραίτητο εξοπλισμό όπου χρησιμοποιούμε απλά δίπολα αντί για τις κατάλληλες κεραίες όπως χρησιμοποιήθηκαν στην τελική κατασκευή.



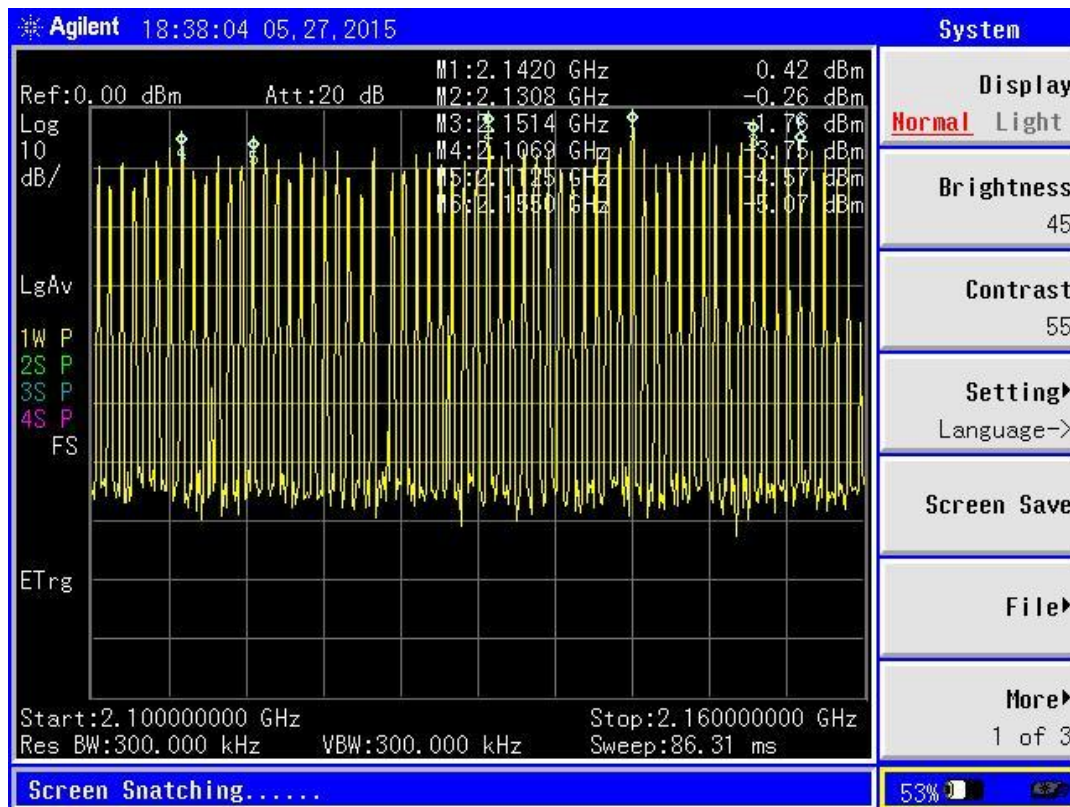
Εικόνα 4.10

4.3 Μετρήσεις στο Φασματογράφο

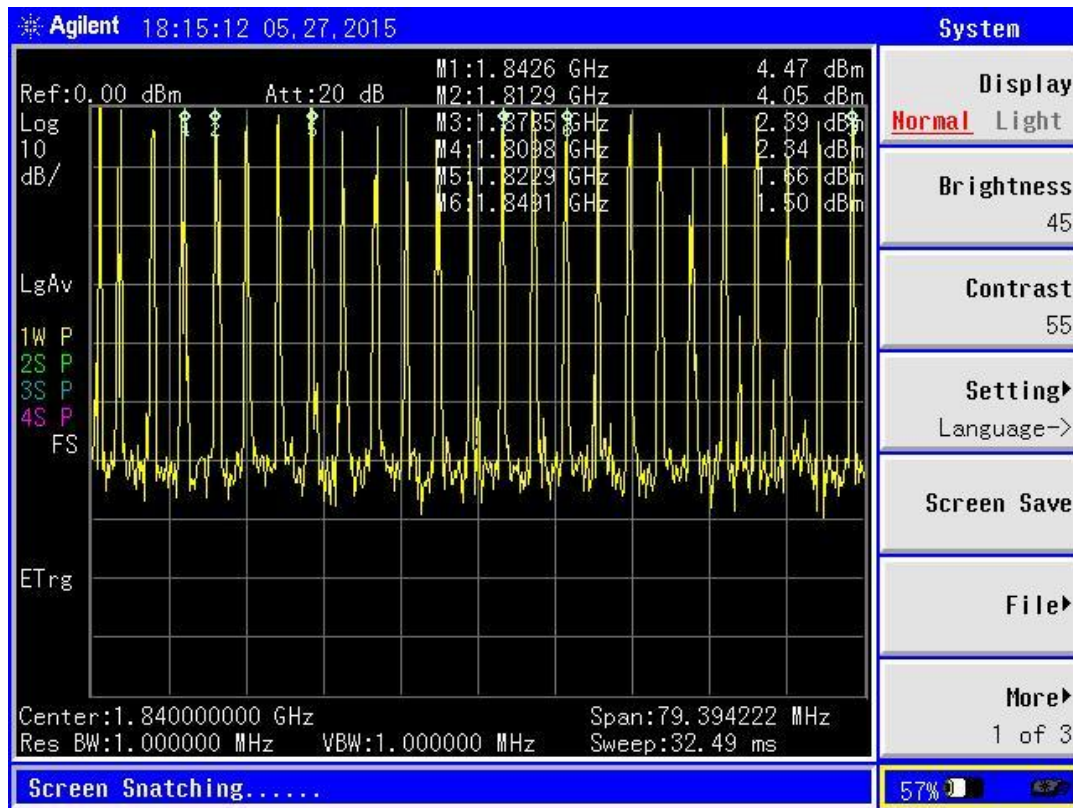
Στις εικόνες 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 φαίνονται οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στον φασματογράφο και διακρίνεται ξεκάθαρα η παρεμβολή που δημιουργούμε σε όλες τις φασματικές ζώνες κάτω ζεύξης.



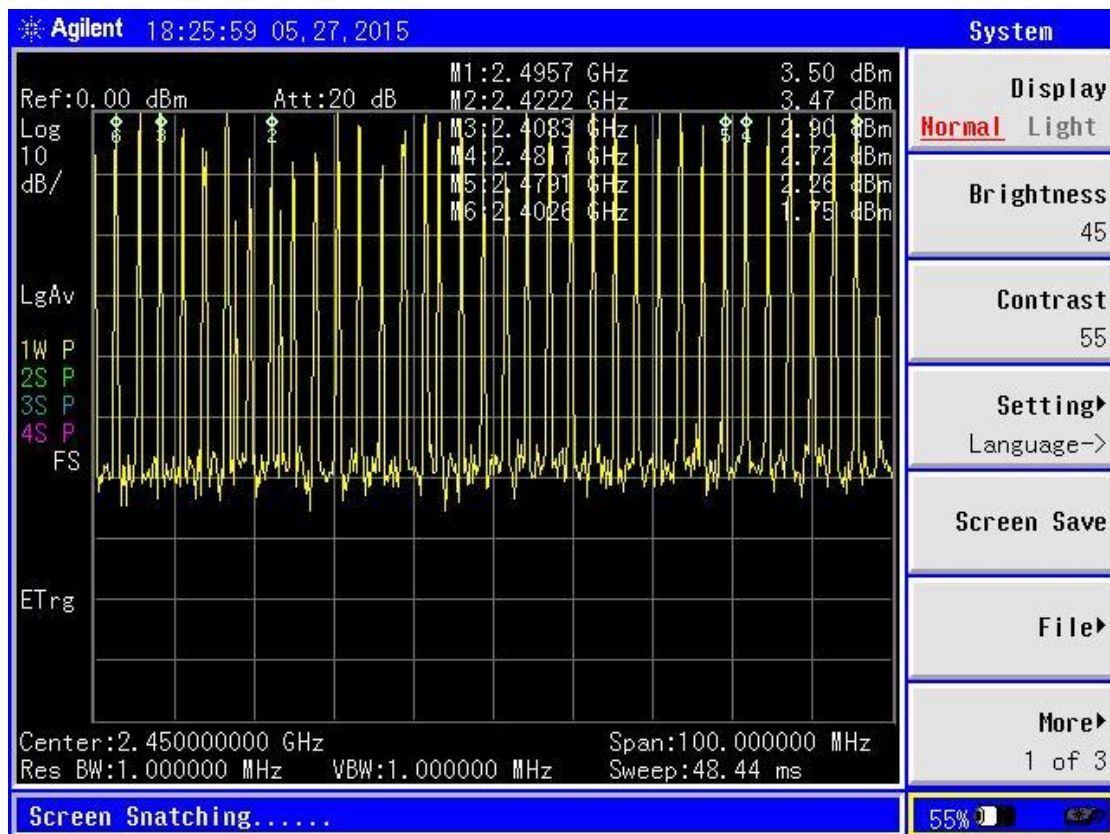
Εικόνα 4.11: Εδώ βλέπετε την 2G όπου παρατηρείτε παρεμβολή από τα 925MHz έως 960MHz.



Εικόνα 4.12: Εδώ βρίσκετε η 3G ζώνη συχνοτήτων από τα 2110MHz έως 2155MHz



Εικόνα 4.13: Εδώ η 4G ζώνη συχνοτήτων από τα 1805MHz έως 1880MHz



Εικόνα 4.14: Και τελευταία ζώνη συχνοτήτων που παρεμβαίνουμε με θόρυβο είναι το Wi-Fi από τα 2400MHz έως 2500MHz

Όλες οι μετρήσεις όπου γίνανε στον φασματογράφο είναι αρκετά καλές ώστε να καλύψουμε μια αίθουσα με τις κατάλληλες κεραίες.

4.4 Ενδεικτικά Κόστη Κατασκευής.

Κατηγορία Υλικού	Είδος Υλικού	Ποσότητα	Euro
VCO 900MHz	ROS-1000+	1	30
VCO 1800MHz	ROS-1990+	1	30
VCO 2110MHz	ROS-2252C-119+	1	30
VCO 2400MHz	ROS-2490+	1	30
ΕνισχυτέςRF για όλες τις ζώνες.	ERA-5SM	4	Sample
Αντιστάσεις – Trimmers – Δίοδος	-	45	15
Πυκνωτές	-	23	5
Τρανζίστορ	-	2	2
Πλακέτες	-	3	20
Σταθεροποιητές τάσης	-	4	1
Ολοκληρωμένα	LM386 – NE555 – MC1458	5	2
Σύνολο	-	-	165

5 Συμπεράσματα

Στην πτυχιακή μου εργασία έπρεπε να βασιστώ σε προϋπάρχοντα σχέδια προκειμένου να κατασκευάσω ένα παρεμβολέα ασύρματων επικοινωνιών μικρών αποστάσεων. Είχα σαν αφετηρία τα σχέδια στα οποία είχε καταλήξει ο συμφοιτητής μου Γ.Χαρούλης στην πτυχιακή του εργασία και να κατασκευάσω ένα σύστημα που θα είναι πρακτικά χρήσιμο και οικονομικά εφικτό. Η υλοποίηση της κατασκευής με βάση τα αρχικά σχέδια είχε αρκετά προβλήματα πολλά από τα οποία αντιμετώπισα και έλυσα πάνω στη φάση της κατασκευής. Σε δεύτερο στάδιο και με την βοήθεια συμφοιτητών μου και καθηγητών μου, επανασχεδίασα τις βελτιωμένες εκδόσεις των κυκλωμάτων για να ξεπεράσω και τα υπόλοιπα τεχνικά και λειτουργικά σφάλματα. Η τελική κατασκευή είχε την απαραίτητη λειτουργικότητα ανά ασύρματη ζώνη συχνοτήτων και με την προμήθεια των κατάλληλων κεραιο-συστημάτων επιτεύχθηκε ο τελικός στόχος εμβέλειας λίγων μέτρων. Βελτιστοποίηση της κατασκευής μπορεί να επιτευχθεί έπειτα από δοκιμές σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, διαφορετικά περιβάλλοντα χρήσης των εσωτερικών χώρων καθώς και με πιο κατάλληλα κεραιο-συστήματα. Επίσης ένα τμήμα της τελικής κατασκευής επιδέχεται βελτιώσεων με το να φύγουμε από τα διακριτά εξαρτήματα και να στραφούμε στα επιφανειακής στήριξης (smd).

Βιβλιογραφία

1. Γ. Χαρούλης, *Σχεδίαση Συστήματος Παρεμβολής σε Συστήματα Κινητής Τηλεφωνίας και Wi-Fi*. Πτυχιακή Εργασία Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ, Σεπτέμβριος 2015
2. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm1458.pdf>
3. <http://www.intersil.com/content/dam/intersil/documents/icl7/icl7660.pdf>
4. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm386.pdf>
5. <http://www.pci-card.com/bf245.pdf>
6. <http://194.75.38.69/pdfs/ROS-1000V+.pdf>
7. <http://194.75.38.69/pdfs/ROS-1990+.pdf>
8. <http://194.75.38.69/pdfs/ROS-2252C-119+.pdf>
9. <http://194.75.38.69/pdfs/ROS-2490+.pdf>
10. <http://194.75.38.69/pdfs/ERA-5SM+.pdf>
11. <http://www.ti.com/lit/ds/slos069c/slos069c.pdf>