

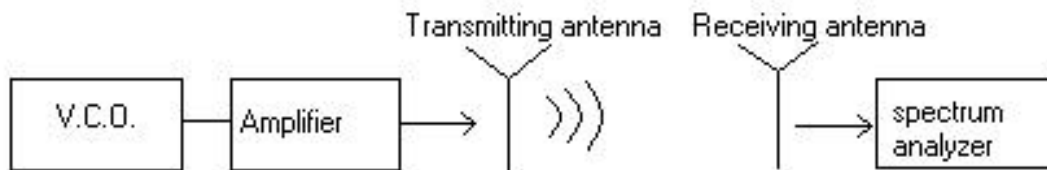
ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

# ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΑΡΙΔΗ ΕΥΣΤΑΘΙΟΥ  
ΠΑΠΑΕΥΘΥΜΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ

## ΘΕΜΑ:

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ  
ΣΤΗ ΖΩΝΗ 840-870 MHz ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΕΣ  
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟ ΦΟΡΕΑ



ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ:  
ΜΕΛΠΟΜΕΝΗ Π. ΙΩΑΝΝΙΔΟΥ  
Επίκουρη Καθηγήτρια

Θεσσαλονίκη 2005

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	<b>2</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>5</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>6</b>
1.1 Σκοπός της εργασίας	6
1.2 Δομή της εργασίας	6
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΚΑΙ ΛΗΨΗΣ</b>	<b>8</b>
2.1 Περιγραφή συστήματος εκπομπής	8
2.2 Περιγραφή συστήματος λήψης	9
2.3 Επιλογή τροφοδοτικού	9
2.3.1 Γραμμικά τροφοδοτικά	10
2.3.2 Παλμοτροφοδοτικά	11
2.4 Σχεδίαση τροφοδοτικού 12V-1A	12
2.4.1 Σταθεροποιητές τάσεως	13
2.4.2 Ανορθωτικές διατάξεις – μετασχηματιστές	14
2.5 Κατασκευή τροφοδοτικού	17
2.5.1 Δοκιμές σε ράστερ	18
2.5.2 Σχεδίαση σε Η/Υ	18
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ Κ.Ε</b>	<b>19</b>

3.1	Χαρακτηριστικά διάδοσης του σήματος	19
3.2	Τοποθέτηση των συστημάτων εκπομπής και λήψης	19
3.3	Μοντέλα διάδοσης	22
3.3.1	Μοντέλο Lee	22
3.4	Μοντελοποίηση των μετρητικών δεδομένων	23
3.4.1	Πρώτη μέτρηση ισχύος συναρτήσεως της απόστασης εκπέμποντας από ταράτσα (διαδρομή 1.Α)	24
3.4.2	Δεύτερη μέτρηση ισχύος συναρτήσεως της απόστασης εκπέμποντας από ταράτσα (διαδρομή 1.Γ)	27
3.4.3	Τρίτη μέτρηση ισχύος συναρτήσεως της απόστασης εκπέμποντας από ταράτσα (διαδρομή 1.Β)	29
3.5	Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά μετρήσεων	31
3.6	Πρώτη μέτρηση ισχύος συναρτήσεως της απόστασης εκπέμποντας από ιστό και υπολογισμός του συντελεστή διόρθωσης $\alpha_0$ (σημείο 2.Α)	33
3.6.1	Δεύτερη μέτρηση ισχύος συναρτήσεως της απόστασης εκπέμποντας από ιστό (σημείο 2.Β)	36
3.6.2	Τρίτη μέτρηση ισχύος συναρτήσεως της απόστασης εκπέμποντας από ιστό (σημείο 2.Γ)	38
3.7	Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά μετρήσεων	40
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΝΔΟΚΑΝΑΛΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ</b>	<b>42</b>
4.1	Παρεμβολές	42
4.2	Ενδοκαναλική παρεμβολή	42
4.3	Πρώτη μέτρηση ενδοκαναλικής παρεμβολής	43
4.4	Δεύτερη μέτρηση ενδοκαναλικής παρεμβολής	44
4.5	Συμπεράσματα	44
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>	<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΔΙΑΛΕΙΨΕΩΝ</b>	<b>45</b>
5.1	Διαλείψεις	45

5.2	Μετρήσεις διαλείψεων	45
5.3	Πρώτη μέτρηση διαλείψεων	47
5.4	Δεύτερη μέτρηση διαλείψεων	48
5.5	Συμπεράσματα	49
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	<b>50</b>
<b>ABSTRACT</b>		<b>52</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	<b>DATASHEETS</b>	<b>53</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>		

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Με τη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, επιχειρείται η υλοποίηση ενός συστήματος εκπομπής στη συχνότητα 850 MHz και η καταγραφή των συμπερασμάτων που προέκυψαν από δοκιμαστικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από κινούμενο φορέα. Ειδικότερα, μέσω των δοκιμαστικών αυτών μετρήσεων, επιχειρείται η εξέταση των παραγόντων που επιδρούν σε μια ασύρματη ζεύξη, όπως είναι η απόσταση, οι ενδοκαναλικές παρεμβολές και οι διαλείψεις.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία διαρθρώνεται σε έξι κεφάλαια. Στο πρώτο, εισαγωγικό, κεφάλαιο παρουσιάζεται ο σκοπός και η δομή της εργασίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο, περιγράφεται ο τρόπος και η διαδικασία υλοποίησης των συστημάτων εκπομπής και λήψης και, ιδιαίτερα, του τροφοδοτικού που κατασκευάστηκε ειδικά για την τροφοδοσία του ενισχυτή σήματος ZHL-3010 LN. Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των πρώτων δοκιμαστικών μετρήσεων. Συγκεκριμένα, εξετάζονται οι μεταβολές της λαμβανόμενης ισχύος του σήματος συναρτήσει της απόστασης. Στο τέταρτο κεφάλαιο, περιγράφονται οι δοκιμαστικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των ενδοκαναλικών παρεμβολών στις κινητές επικοινωνίες. Στο πέμπτο κεφάλαιο της εργασίας, καταγράφεται ο τρόπος επίδρασης του φαινομένου των διαλείψεων στις κινητές επικοινωνίες και συγκεκριμένα στη μεταβολή της λαμβανόμενης ισχύος του σήματος. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα πορίσματα που προέκυψαν από τις δοκιμαστικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας και διατυπώνονται γενικότερα συμπεράσματα.

### 1.1 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι να υλοποιηθεί ένα σύστημα ασύρματης ζεύξης στη συχνότητα 850 MHz και να μελετηθούν οι παράγοντες που την επηρεάζουν (ενδοκαναλικές παρεμβολές, διαλείψεις). Το σύστημα εκπομπής αποτελείται από τη γεννήτρια συχνοτήτων, τον ενισχυτή, το τροφοδοτικό του ενισχυτή και την κεραία εκπομπής. Το σήμα των 850 MHz που παράγει η γεννήτρια ενισχύεται από τον ενισχυτή ZHL-3010 LN της εταιρίας mini-circuits, με ονομαστικό κέρδος 30 dB και ζώνη ενίσχυσης 821- 890 MHz. Το σήμα αυτό οδηγείται στην κεραία εκπομπής, ο τύπος της οποίας είναι κάτοπτρο με ανακλαστήρα πλέγμα και έχει κέρδος 18 dB.

Το σύστημα λήψης αποτελείται από την κεραία λήψης, η οποία είναι όμοια με την κεραία εκπομπής, και τον αναλυτή φάσματος (spectrum analyzer), στον οποίο η τιμή της λαμβανόμενης ισχύος θα απεικονίζεται σε dBm.

### 1.2 Δομή της εργασίας

Στο δεύτερο κεφάλαιο, περιγράφεται ο τρόπος σχεδιασμού και κατασκευής α) του συστήματος εκπομπής, β) του συστήματος λήψης και γ) του τροφοδοτικού του ενισχυτή.

Στο τρίτο κεφάλαιο, καταγράφονται οι μετρήσεις της λαμβανόμενης ισχύος και η προσαρμογή τους στο μοντέλο διάδοσης Lee.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, καταγράφονται οι μετρήσεις ενδοκαναλικών παρεμβολών στις κινητές επικοινωνίες.

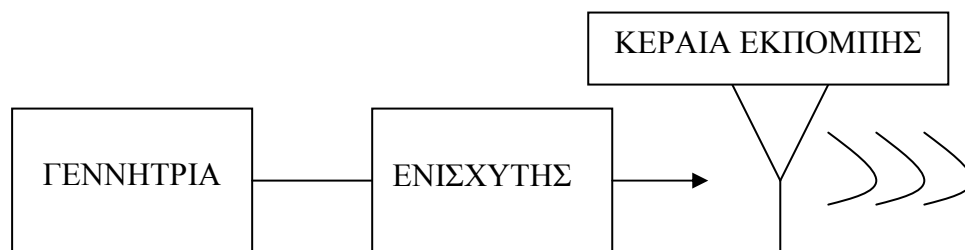
Στο πέμπτο κεφάλαιο, καταγράφονται οι μετρήσεις των διαλείψεων και η επίδρασή τους στις κινητές επικοινωνίες.

Στο έκτο κεφάλαιο, τέλος, διατυπώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις.

### ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΚΑΙ ΛΗΨΗΣ

#### 2.1 Περιγραφή συστήματος εκπομπής

Το σύστημα εκπομπής (σχήμα 2.1) αποτελείται από μια γεννήτρια συχνοτήτων, έναν ενισχυτή, ένα τροφοδοτικό 12V και την κεραία εκπομπής.



**Σχήμα 2.1 Μπλοκ διάγραμμα συστήματος εκπομπής**

Η γεννήτρια η οποία χρησιμοποιήσαμε είναι της εταιρίας Hameg (HM 8134) με ζώνη συχνοτήτων 1Hz-1GHz και ισχύ εξόδου μέχρι +13dBm. Η εκπομπή έγινε στη συχνότητα 850 MHz και η ισχύς εξόδου ήταν -6dBm.

Το σήμα από την έξοδο της γεννήτριας οδηγείται στην είσοδο του ενισχυτή ZHL-3010 LN της εταιρίας mini-circuits.

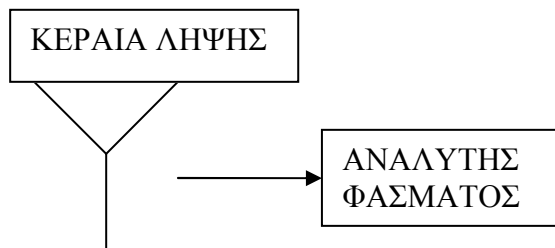
Οι διαστάσεις του είναι 54x58x68 mm, η ζώνη συχνοτήτων λειτουργίας του είναι 821-890 MHz, με ονομαστικό κέρδος 30 dB, ενώ η μέγιστη ισχύς που μπορούμε να πάρουμε στην έξοδο του είναι +26dBm. Ο ενισχυτής δεν διαθέτει τροφοδοτικό, του οποίου η κατασκευή έγινε στο εργαστήριο.

Το ενισχυμένο σήμα οδηγείται στην κεραία εκπομπής τύπου Yagi της εταιρίας Teleway, με κέρδος 7,1dB.



## 2.2 Περιγραφή συστήματος λήψης

Το σύστημα λήψης σχήμα 2.2 είναι κινητό και αποτελείται από τον αναλυτή φάσματος και την κεραία λήψης.



**Σχήμα 2.2 Μπλοκ διάγραμμα συστήματος λήψης**

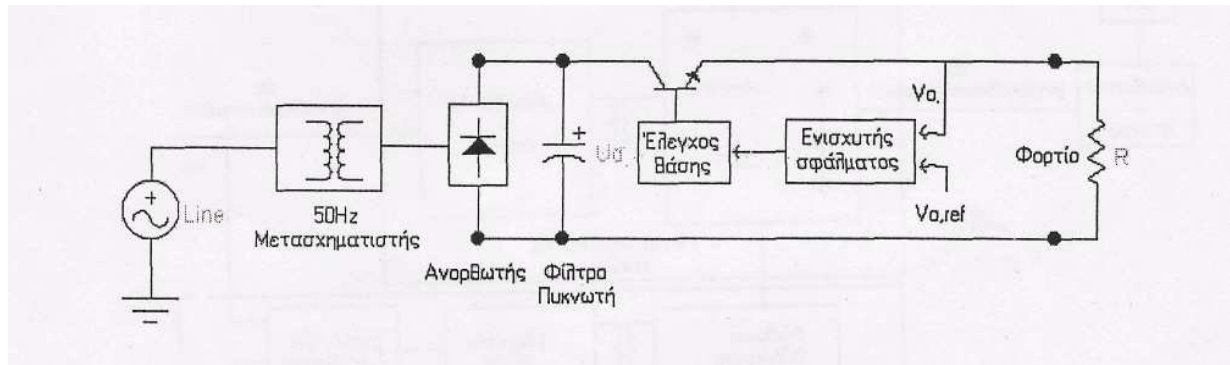
Ο αναλυτής φάσματος (spectrum analyzer) είναι τύπου IFR-Aeroflex 2399B 9 KHz – 3 GHz. Η ζώνη συχνοτήτων του κυμαίνεται από 0-3 GHz. Η μέγιστη ισχύς εισόδου είναι +30dBm και η αντίσταση εισόδου 50 Ω. Η κεραία λήψης έχει ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά με την κεραία εκπομπής.

## 2.3 Επιλογή τροφοδοτικού

Θα χρειαστεί να σχεδιάσουμε ένα τροφοδοτικό συνεχούς τάσης, το οποίο προορίζεται για τον ενισχυτή, με απαιτήσεις: τάση εξόδου 12V και ρεύμα εξόδου 1A. Θα πρέπει να το κατασκευάσουμε με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην λειτουργεί οριακά.

Έχοντας κατασταλάξει στις απαιτήσεις εξόδου τροφοδοσίας, πρέπει να αποφασίσουμε τον τρόπο σχεδίασης. Σε αυτό το σημείο έχουμε να επιλέξουμε μεταξύ γραμμικών τροφοδοτικών και παλμοτροφοδοτικών PWM (pulse width modulation). Μεγάλο ρόλο στην τελική επιλογή, θα έχει η απαίτηση σε ισχύ που στην εφαρμογή μας είναι σχετικά μικρή. Παρακάτω συγκρίνουμε τους δύο τύπους τροφοδοτικών.

### 2.3.1 Γραμμικά τροφοδοτικά



**Σχήμα 2.3 Μπλοκ διάγραμμα γραμμικού τροφοδοτικού**

Για την ηλεκτρική απομόνωση μεταξύ εισόδου - εξόδου και την ανάπτυξη στην έξοδο της επιθυμητής περιοχής τάσης απαιτείται μετασχηματιστής 50Hz. Ένα transistor συνδέεται σε σειρά, λειτουργεί στην ενεργό περιοχή και συμπεριφέρεται σαν ρυθμιζόμενη αντίσταση. Το κύκλωμα ελέγχου ρυθμίζει το ρεύμα βάσης ώστε  $V_0 = V_{0,ref}$ . Η διαφορά της επιθυμητής τάσης εξόδου και της τάσης εισόδου (φίλτρο πυκνωτή), καταναλώνεται στο transistor. Για αυτό διαλέγουμε λόγο μετασχηματισμού προσεκτικά. Στο σχήμα 2.3 υπάρχει το μπλοκ διάγραμμα λειτουργίας ενός κλασικού γραμμικού τροφοδοτικού.

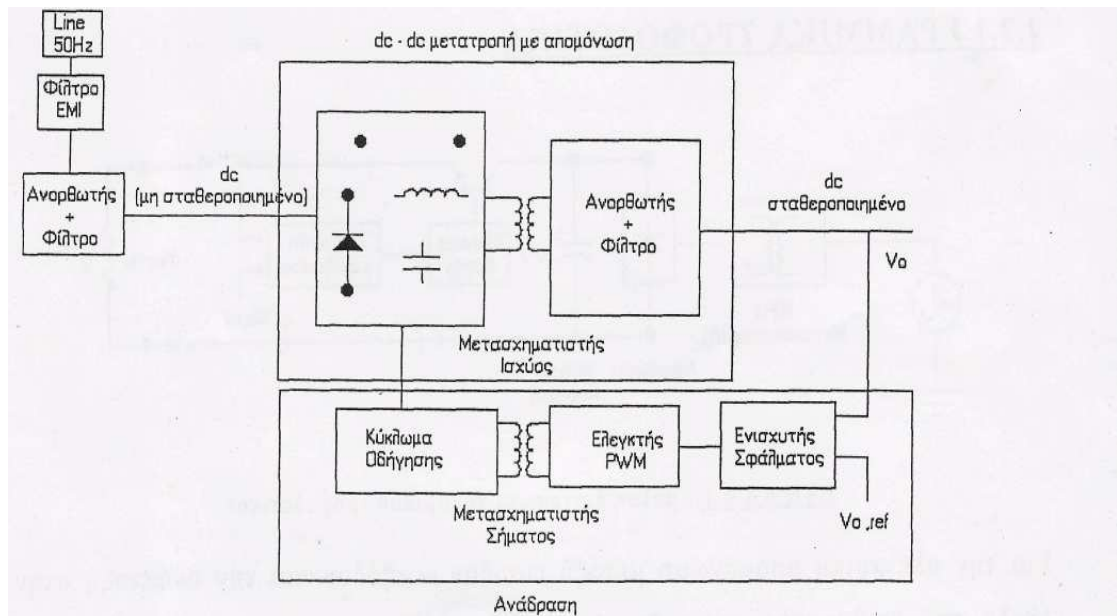
Τα πλεονεκτήματα των γραμμικών τροφοδοτικών είναι:

- Απλά κυκλώματα με μικρό κόστος για ισχύ  $< 25\text{ W}$ .
- Δεν προκαλούν EMI σε άλλες συσκευές.

Ενώ τα μειονεκτήματά τους είναι:

- Απαιτείται μετασχηματιστής χαμηλών συχνοτήτων. Έχει μεγάλο μέγεθος και βάρος.
- Το transistor λειτουργεί στην ενεργό περιοχή προκαλώντας απώλειες. Ο συντελεστής απόδοσης είναι χαμηλός 30% - 60%.

## 2.3.2 Παλμοτροφοδοτικά



Σχήμα 2.4 Μπλοκ διάγραμμα παλμοτροφοδοτικού

Στο παλμοτροφοδοτικό η AC τάση εισόδου, περνάει από φίλτρο ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και ανορθώνεται. Έπειτα στην βαθμίδα dc-dc μετατροπέα μεταβάλλεται η dc τάση σε ένα άλλο επίπεδο. Αυτό, επιτυγχάνεται με διακοπτική λειτουργία υψηλής συχνότητας. Η έξοδος του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή ισχύος ανορθώνεται και προκύπτει η τάση  $V_o$ .

Η έξοδος του τροφοδοτικού σταθεροποιείται από ελεγκτή PWM (Pulse Width Modulation). Η ηλεκτρική απομόνωση στο βρόχο ανάδρασης πραγματοποιείται με μετασχηματιστή απομόνωσης ή οπτοζεύκτη. Στο σχήμα 2.4 απεικονίζεται το μπλοκ διάγραμμα ενός παλμοτροφοδοτικού.

Τα πλεονεκτήματα των παλμοτροφοδοτικών είναι :

- Έχουν πολύ μικρές απώλειες.
- Μπορούν να διαχειριστούν μεγαλύτερες ισχύεις.

- Εφόσον χρησιμοποιείται μετασχηματιστής απομόνωσης υψηλής συχνότητας, το μέγεθος και το βάρος μειώνεται.

Ενώ τα μειονεκτήματα τους είναι :

- Είναι πολύπλοκες κατασκευές.
- Είναι δύσκολο να κατασταλούν οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές που οφείλονται στις μεταβάσεις των διακοπών.

Τελικά, από τα παραπάνω προκύπτει πως και οι δύο τύποι τροφοδοτικών διαθέτουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Τα παλμοτροφοδοτικά είναι τεχνολογικά προηγμένα, καθώς μπορούν να διαχειριστούν μεγάλη ισχύ με μικρές απώλειες και μικρό μέγεθος. Όμως η πολυπλοκότητα και το μεγάλο κόστος κατασκευής, αποτελούν μεγάλα μειονεκτήματα, όταν απαιτείται μικρή ισχύς εξόδου.

Τα γραμμικά τροφοδοτικά έχουν μικρότερο κόστος για χαμηλή ισχύ και δεν παρουσιάζουν προβλήματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών. Ο συντελεστής απόδοσης τους είναι χαμηλότερος, όμως δεν παίζει τόσο σημαντικό ρόλο σε χαμηλή ισχύ. Το μέγεθος και το βάρος τους είναι μεγάλο λόγω χρήσης μετασχηματιστή χαμηλών συχνοτήτων. Για την συγκεκριμένη εφαρμογή που είναι εκπαιδευτικού τύπου και δεν έχουν μπει περιορισμοί στο μέγεθος, το γραμμικό τροφοδοτικό συγκεντρώνει την πλειοψηφία των πλεονεκτημάτων.

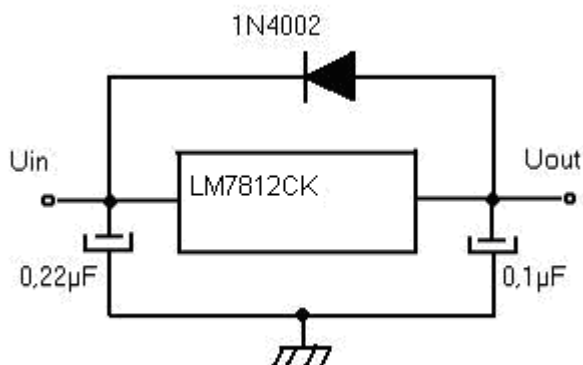
## **2.4 Σχεδίαση τροφοδοτικού 12V-1A**

Αρχικά, για να σχεδιάσουμε ένα γραμμικό τροφοδοτικό, το χωρίζουμε σε τρεις βαθμίδες. Μετασχηματιστής, ανορθωτής και διατάξεις σταθεροποίησης της τάσης εξόδου. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή, έχουμε υπολογίσει την απαιτούμενη έξοδο του τροφοδοτικού και συνεπώς ξέρουμε τι έξοδο πρέπει να αποδώσουν οι διατάξεις σταθεροποίησης της τάσης εξόδου. Άρα θα αρχίσουμε την σχεδίαση από τον σταθεροποιητή και έπειτα θα προχωρήσουμε στον ανορθωτή και τον μετασχηματιστή.

### 2.4.1 Σταθεροποιητές τάσεως

Η σταθεροποίηση της τάσης εξόδου μπορεί να γίνει με διατάξεις που έχουν ως βάση το τρανζίστορ ή τους πιο σύγχρονους τελεστικούς ενισχυτές. Η τελευταία εξέλιξη αυτών των κυκλωμάτων παρέχεται σε μορφή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που με την διασύνδεση μικρού αριθμού εξαρτημάτων παρέχουν σταθερή τάση εξόδου με μεγάλη απόσβεση της τάσης κυμάτωσης, της τάξης των (60-80dB). Αυτά τα ολοκληρωμένα κυκλώματα ονομάζονται σταθεροποιητές τάσης (Voltage Regulators) και έχουν 3 ακροδέκτες. Στην περίπτωση μας θα χρειαστούμε έναν σταθεροποιητή.

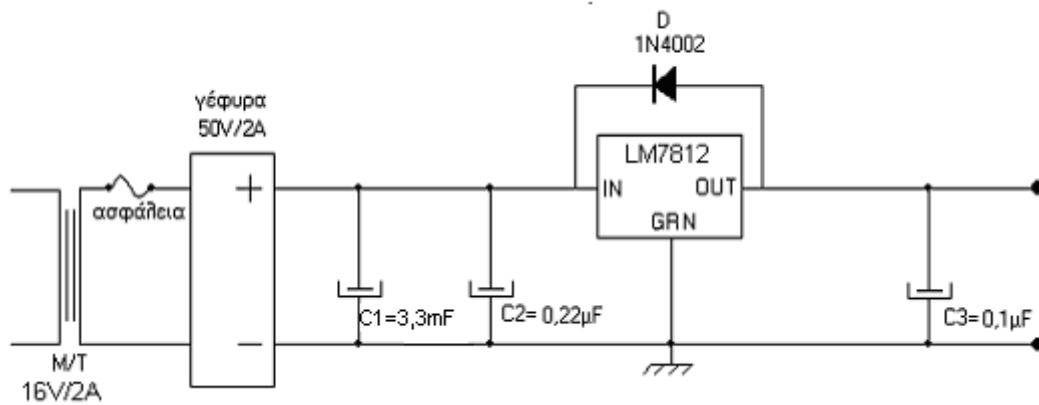
Στα 12V μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ολοκληρωμένο LM7812CK. Τα χαρακτηριστικά του μαζί με την προσθήκη μιας ψήκτρας για καλύτερη θερμοαπαγωγή καλύπτουν πλήρως τις απαιτήσεις μας καθώς μπορεί να αποδώσει 12V/1A με λόγο απόρριψης κυμάτωσης 70dB. Η περιοχή των τάσεων που μπορεί να δεχτεί στην είσοδο του είναι  $14,7V \leq V_{in} \leq 27V$ . Το LM7812CK συνδεσμολογείται όπως φαίνεται στο σχήμα 2.5.



Σχήμα 2.5 Συνδεσμολογία του LM7812CK

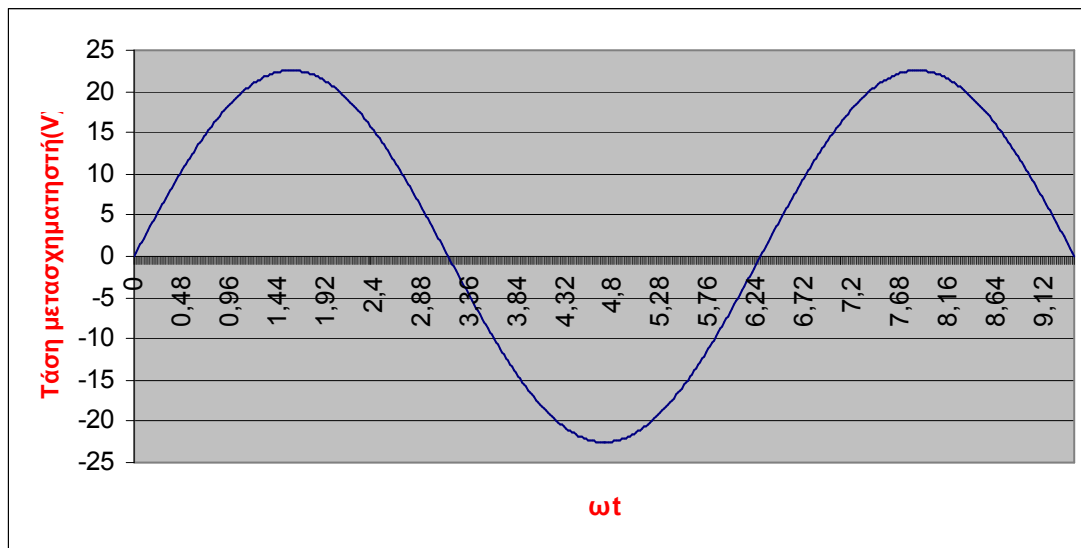
### 2.4.2 Ανορθωτικές διατάξεις-μετασχηματιστές

Τώρα γνωρίζοντας την περιοχή της τάσης εισόδου του σταθεροποιητή μπορούμε να σχεδιάσουμε κατάλληλα τον ανορθωτή και να υπολογίσουμε τον μετασχηματιστή.

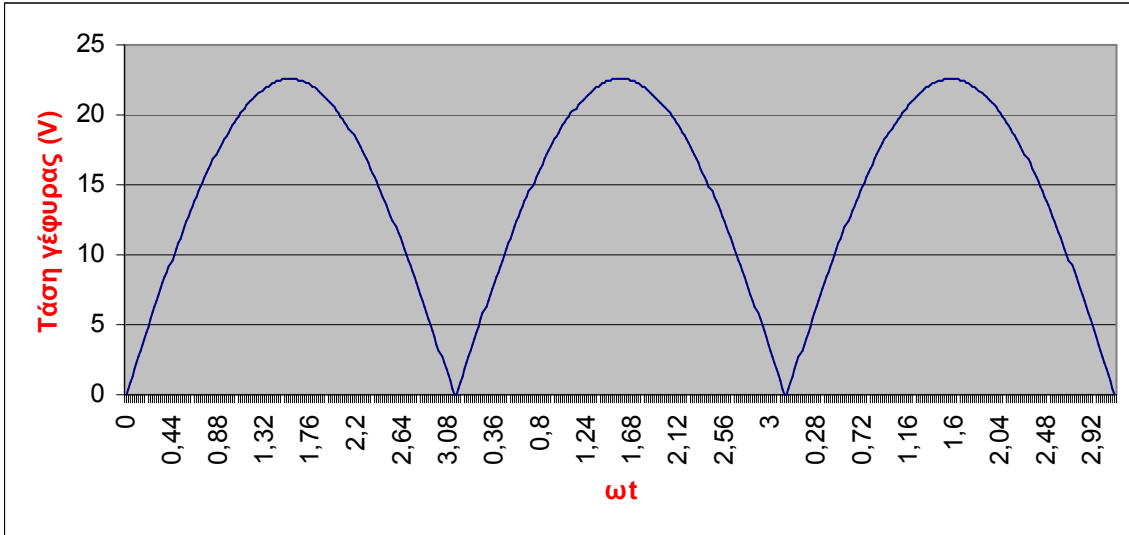


**Σχήμα 2.6** Σχηματικό διάγραμμα του τροφοδοτικού 12V/1A

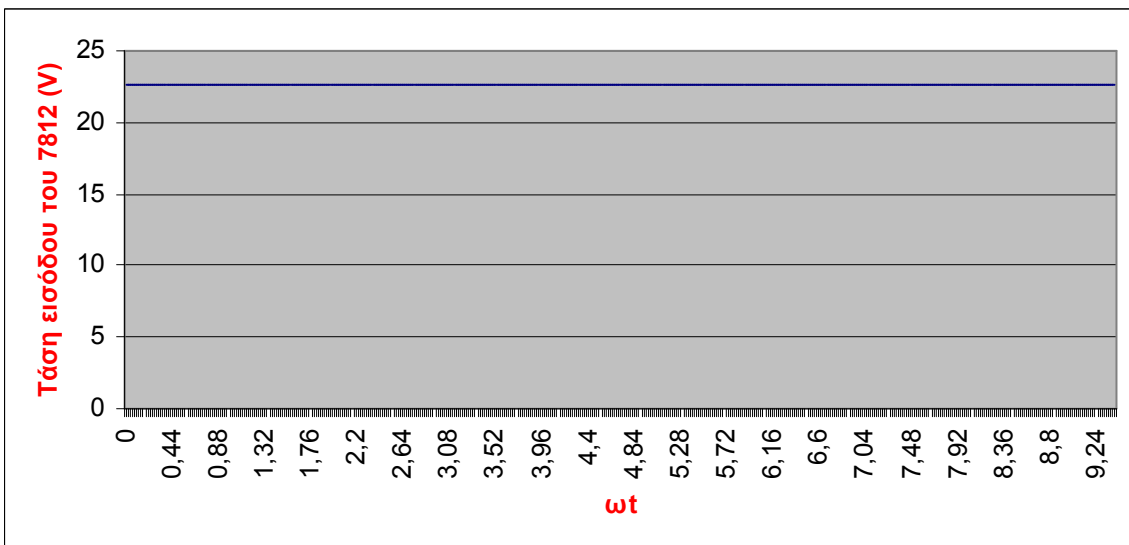
Για το τροφοδοτικό των 12V/1A σχήμα 2.6, επιλέγουμε ένα μετασχηματιστή 16V/2A έτσι ώστε, όπως φαίνεται από τις κυματομορφές και με την βοήθεια της ανορθωτικής διάταξης, να εξασφαλίσουμε, η είσοδος του LM7812 να δεχτεί 22,6V (τιμή που είναι στην περιοχή των τάσεων εισόδου του).



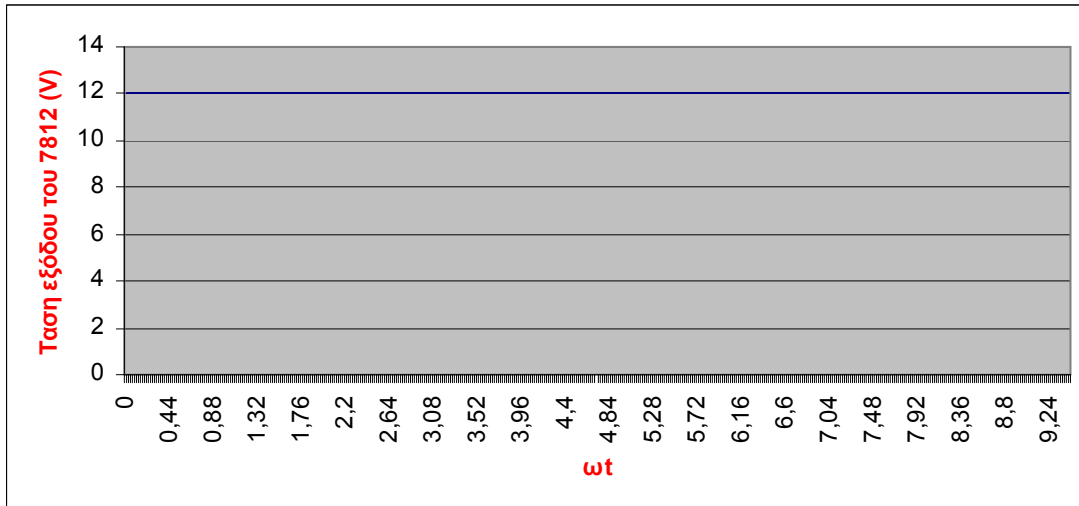
**Σχήμα 2.7** Τάση του δευτερεύοντος ως προς τον χρόνο



Σχήμα 2.8 Τάση γέφυρας ως προς τον χρόνο



Σχήμα 2.9 Τάση εισόδου του σταθεροποιητή



**Σχήμα 2.10 Σταθεροποιημένη τάση εξόδου**

Στο σχήμα 2.7, βλέπουμε την τάση που παίρνουμε στο δευτερεύον του μετασχηματιστή. Ο μετασχηματιστής είναι στα 16V (rms). Όπως φαίνεται και στην κυματομορφή η μέγιστη τιμή είναι  $16 \cdot \sqrt{2} = 22,6 \text{ V}$ . Η κυματομορφή εξακολουθεί να είναι σε εναλλασσόμενη μορφή, καθώς ο μετασχηματιστής μπορεί να υποβιβάσει την τάση του δικτύου, αλλά όχι και να επέμβει στην φύση της κυματομορφής. Εμείς όμως χρειαζόμαστε μια διάταξη ενός μετατροπέα AC/DC (converter AC/DC) και επιλέγουμε διπλή ανόρθωση με γέφυρα.

Με την προσθήκη του πυκνωτή  $C_1$  σχήμα 2.6, πετυχαίνουμε να πάρουμε μια κυματομορφή η οποία είναι σχεδόν DC σχήμα 2.9, καθώς ο πυκνωτής προσφέρει πολύ καλή εξομάλυνση, μιας και αφού φορτίσει ο χρόνος που μεσολαβεί μέχρι την επόμενη φόρτιση του, είναι πολύ μικρός και πρακτικά δεν εκφορτίζεται καθόλου, κρατώντας στα άκρα του την τάση κορυφής από την διπλή ανόρθωση, τάση η οποία είναι στην περιοχή των τάσεων εισόδου του LM7812 (22,6V). Τέλος στο σχήμα 2.10 βλέπουμε την σταθεροποιημένη τάση εξόδου που παίρνουμε από το LM7812 και είναι 12V.

Η χωρητικότητα του πυκνωτή σταθεροποίησης  $C_1$  (σχήμα 2.6) που θα χρησιμοποιήσουμε υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση 
$$C_1 = \frac{2,89 \cdot 10^{-3} \cdot I_{DC}}{V_{DC} \cdot r}$$
, όπου  $r$  είναι ο συντελεστής κυμάτωσης και είναι ίσος με 0,05,  $V_{DC}$  είναι η τάση στα άκρα του πυκνωτή και είναι ίση με 22V και  $I_{DC} = I_o + 10\%I_o$ , όπου  $I_o$  είναι το



ρεύμα εξόδου του τροφοδοτικού και είναι ίσο με 1A, επομένως προκύπτει

$$C_1 = \frac{2,89 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1}{22 \cdot 0,05} = 2,89mF . \text{ Εμείς επιλέγουμε } C_1 = 3,3mF \text{ γιατί αυτή η τιμή, είναι πιο}$$

κοντά σε αυτήν που υπολογίσαμε και υπάρχει στο εμπόριο.

Τα συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά του Μ/Σ και της ανορθωτικής διάταξης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 2.1.

**Πίνακας 2.1 Χαρακτηριστικά του Μ/Σ και της ανορθωτικής διάταξης**

	Τροφοδοτικό 12V
<u>Τάση δευτερεύοντος (Vs)</u>	16V
<u>Μέγιστο ρεύμα δευτερεύοντος (Io)</u>	2A
<u>Μέγιστη ανάστροφη τάση γέφυρας</u>	50V
<u>Πυκνωτής σταθεροποίησης ( C )</u>	3,3mF

## **2.5 Κατασκευή του τροφοδοτικού**

Η κατασκευή του τροφοδοτικού, είναι μια διαδικασία με τα παρακάτω στάδια:

- α) Πριν προβούμε σε κάποιου είδους κατασκευή, πρέπει να είμαστε σίγουροι για την σωστή λειτουργία του κυκλώματος που σχεδιάσαμε. Για τον λόγο αυτό υλοποιούμε το κύκλωμα σε raster, και δοκιμάζουμε το κύκλωμα για την σωστή λειτουργία του.
- β) Αρχίζουμε την σχεδίαση του κυκλώματος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, ώστε να πάρουμε τους οδηγούς για την κατασκευή της πλακέτας.
- γ) Ακολουθεί η διαδικασία της κατασκευής της πλακέτας. Ύστερα, γίνονται οι κατάλληλες κολλήσεις των υλικών. Τώρα είμαστε έτοιμοι για ένα δεύτερο έλεγχο σωστής λειτουργίας.
- δ) Προμηθευόμαστε κουτί και κάνουμε τρύπες σε αυτό, ώστε να μπουν οι πλακέτες, ο ενισχυτής, ο Μ/Σ, ο διακόπτης τροφοδοσίας και οι κονέκτορες.

### **2.5.1 Δοκιμές σε ράστερ**

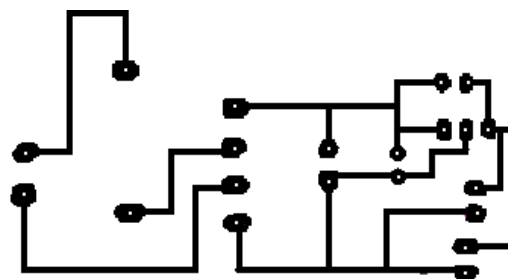
Συνδεδεσολογήσαμε το κύκλωμα με προσοχή στο ράστερ, χρησιμοποιώντας τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην τελική κατασκευή μέχρι και την ψήκτρα που θα βοηθήσει στην απαγωγή θερμότητας από το σταθεροποιητή.

Εφόσον το κύκλωμα λειτούργησε κάναμε διάφορες μετρήσεις για να επαληθεύσουμε την αξιόπιστη λειτουργία του. Οι μετρήσεις στην αρχή έγιναν χωρίς την παρουσία φορτίου και κατόπιν συνδέσαμε φορτίο. Στο τροφοδοτικό των 12V/ 1A μετά από μια ώρα λειτουργίας απλώς ζεσταινόταν λίγο ο σταθεροποιητής, χωρίς όμως να είναι ανησυχητικό καθώς η ψήκτρα παρείχε μεγάλη θερμοαπαγωγή. Το τροφοδοτικό παρουσίασε εξαιρετική σταθερότητα, δηλαδή η κυμάτωση του δεν ήταν ανιχνεύσιμη από τα όργανα.

### **2.5.2 Σχεδίαση σε Η/Υ**

Για την σχεδίαση του PCB (Printed Circuit Board), σε Η/Υ χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα EAGLE 4.0 το οποίο μας παρέχει την δυνατότητα να σχεδιάσουμε απευθείας το τυπωμένο κύκλωμα (σχήμα 2.11). Το πρόγραμμα είναι εξαιρετικά εύκολο στην χρήση. Μόλις ολοκληρώσαμε την σχεδίαση τυπώσαμε σε διαφάνειες και προχωρήσαμε στην αποχάλκωση των πλακετών.

Η διαδικασία της αποχάλκωσης, έγινε εξολοκλήρου στο εργαστήριο Ραντάρ και Μικροκυμάτων, του Τομέα Τηλεπικοινωνιών, του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Α.Π.Θ. με διευθυντή τον Καθηγητή Δημήτριο Χρυσουλίδη. Τα κυκλώματα αποτελούνται από πλακέτες μονής όψης.



**Σχήμα 2.11 PCB σταθερού 12V**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ Κ.Ε**

#### **3.1 Χαρακτηριστικά διάδοσης του σήματος**

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε τα χαρακτηριστικά της διάδοσης του σήματος σε εξωτερικό χώρο (outdoor propagation), για κινητές επικοινωνίες. Διερευνάται η επίδραση της απόστασης από το σταθμό βάσης στην ισχύ του σήματος λήψης και εκτιμώνται οι απώλειες διάδοσης. Επιπλέον, διερευνάται η επίδραση των εμποδίων που παρεμβάλλονται στη διαδρομή του σήματος καθώς και η επίδραση της κατευθυντικότητας των κεραιών εκπομπής/λήψης.

#### **3.2 Τοποθέτηση των συστημάτων εκπομπής και λήψης**

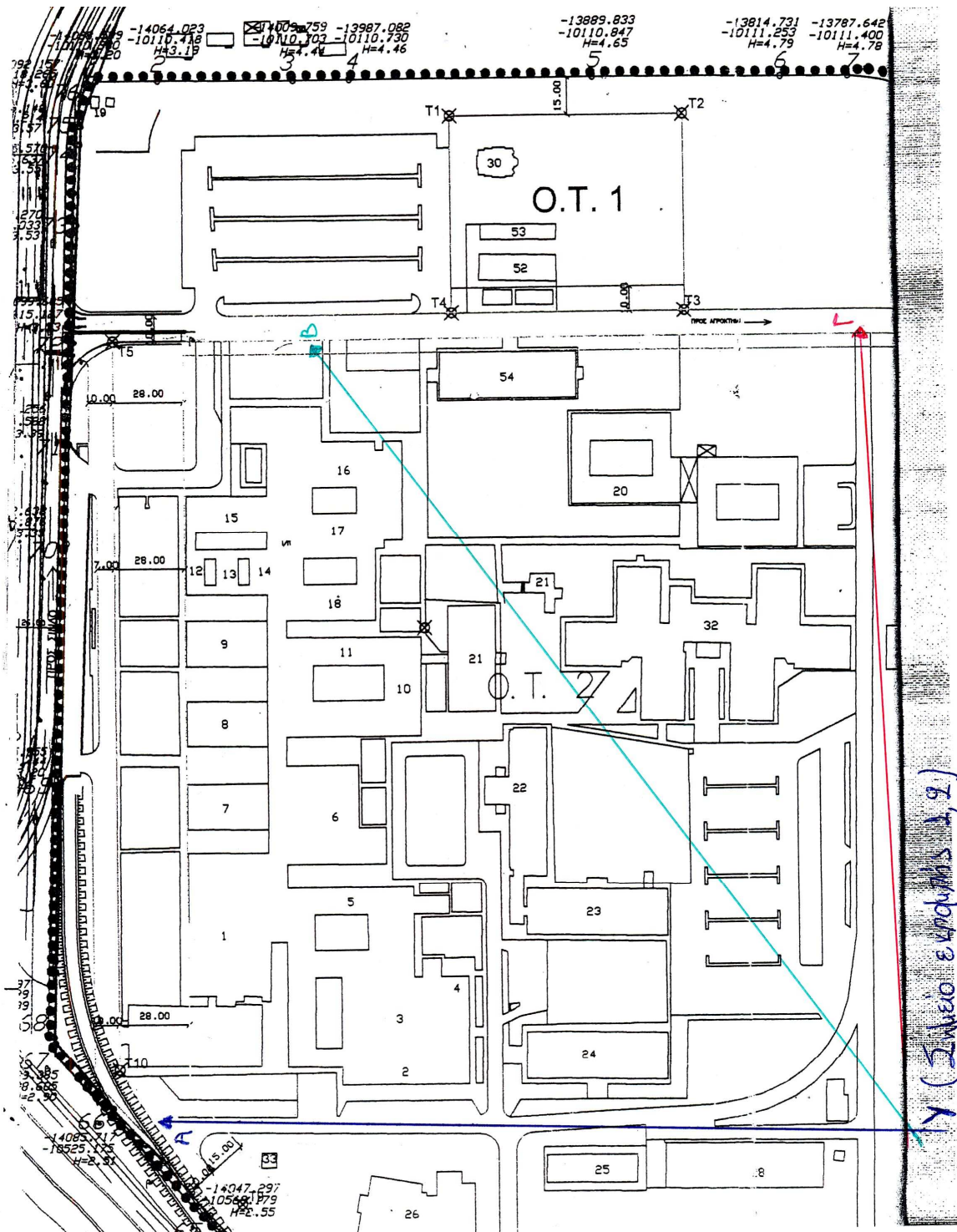
Η κεραία εκπομπής τοποθετήθηκε αρχικά στη ταράτσα (**σημείο 1**) του κτιρίου του Τμήματος Ηλεκτρονικής του ΑΤΕΙΘ για τις τρεις πρώτες μετρήσεις και εν συνεχεία η εκπομπή για τις υπόλοιπες μετρήσεις πραγματοποιήθηκε από τον ιστό του οικείου τμήματος (**σημείο 2**). Οι κεραίες τοποθετήθηκαν έτσι ώστε το μέγιστο του διαγράμματος ακτινοβολίας τους να κατευθύνεται προς το χώρο στάθμευσης.

Η ζεύξη πραγματοποιήθηκε στη συχνότητα 850 MHz, το ύψος της κεραίας εκπομπής στην πρώτη μέτρηση ήταν 9m ενώ στη δεύτερη

μέτρηση από τον ιστό ήταν 18m. Το τρόλεϊ με το σύστημα λήψης μετακινείται: Α) κατά μήκος του δρόμου που οδηγεί στην έξοδο του ΑΤΕΙΘ, Β) προς το χώρο στάθμευσης και Γ) προς το δρόμο που οδηγεί στο αγρόκτημα απομακρυνόμενο συνεχώς από την κεραία εκπομπής.

Οι διαδρομές των μετρήσεων φαίνονται στο χάρτη της σελίδας 21:

- 1.Α: εκπομπή από ταράτσα και λήψη στο δρόμο που οδηγεί στην έξοδο
- 1.Β: εκπομπή από ταράτσα και λήψη στο χώρο στάθμευσης
- 1.Γ: εκπομπή από ταράτσα και λήψη στο δρόμο προς αγρόκτημα
- 2.Α: εκπομπή από ιστό και λήψη στο δρόμο που οδηγεί στην έξοδο
- 2.Β: εκπομπή από ιστό και λήψη στο χώρο στάθμευσης
- 2.Γ: εκπομπή από ιστό και λήψη στο δρόμο προς αγρόκτημα



Χάρτης Α.Τ.Ε.Ι.Θ.

### **3.3 Μοντέλα διάδοσης**

Τα περισσότερα μοντέλα διάδοσης αναπτύχθηκαν συνδυάζοντας αναλυτικές και εμπειρικές μεθόδους. Η εμπειρική προσέγγιση βασίζεται στον προσδιορισμό διαγραμμάτων ή εκφράσεων που αναπαράγουν ένα σύνολο από μετρητικά δεδομένα. Τα μοντέλα που προκύπτουν με τον τρόπο αυτό λαμβάνουν υπόψη αρκετές παραμέτρους, γνωστές και άγνωστες, που σχετίζονται με τις ιδιαιτερότητες της περιοχής στην οποία έγιναν οι μετρήσεις. Για το λόγο αυτό, η εφαρμογή τους σε διαφορετικό περιβάλλον πρέπει να γίνεται με προσοχή και μόνο εφόσον πραγματοποιηθεί προσαρμογή σε μετρητικά δεδομένα που προέρχονται από τη συγκεκριμένη περιοχή.

#### **3.3.1 Μοντέλο LEE**

Το μοντέλο αυτό προέκυψε από μετρήσεις σε τυπική ημιαστική περιοχή και μάλιστα ομαλή. Οι τιμές των παραμέτρων του μετρητικού μας συστήματος είναι:

- Φέρουσα συχνότητα:  $f = 850 \text{ MHz}$ .
- Ισχύς εκπομπής:  $P_T = 0.436 \text{ W}$ .
- Ύψος κεραίας του ΣΒ(από ταράτσα):  $h_b = 9 \text{ m}$ .
- Κέρδος κεραίας του ΣΒ ως προς δίπολο:  $G_T = 7.1\text{dB} = 5.12 \text{ (κ.α)}$
- Ύψος κεραίας του ΚΣ:  $h_m = 2 \text{ m}$ .
- Κέρδος κεραίας του ΚΣ ως προς δίπολο:  $G_R = 7.1\text{dB} = 5.12 \text{ (κ.α)}$

Η μέση λαμβανόμενη ισχύς, σε dBm, εκφράζεται ως εξής:

$$P_R = P_{R1} - \gamma \log_{10} D + \alpha_0 \quad (3.1)$$

όπου

- $P_{R1}$  είναι η λαμβανόμενη ισχύς, σε dBm, σε απόσταση 1km από το ΣΒ (τυπική τιμή  $P_{R1} = -54$  dBm),
- $\gamma$  είναι παράμετρος με τυπική τιμή 38.4
- $D$  είναι η απόσταση μεταξύ ΣΒ και ΚΣ σε km και
- $\alpha_0$  είναι συντελεστής διόρθωσης, σε dB.

Ο συντελεστής διόρθωσης  $\alpha_0$  εισέρχεται στην (3.1) σε περίπτωση που οι τιμές των παραμέτρων του μετρητικού συστήματος διαφοροποιούνται από τις τυπικές.

Δίνεται (ως καθαρός αριθμός) από τη σχέση

$$\alpha_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \quad (3.2)$$

όπου

$$\alpha_1 = (h_b / 30,48)^2 = (9 / 30,48)^2 = 0,0871$$

$$\alpha_2 = P_T / 10 = 0,436 / 10 = 0,0436$$

$$\alpha_3 = G_T / 4 = 5,12 / 4 = 1,28$$

$$\alpha_4 = \begin{cases} h_m / 3,048, h_m < 10m \\ (h_m / 3,048)^2, h_m > 10m \end{cases} = 2 / 3,048 = 0,656 \quad \alpha_5 = G_R = 5,12$$

$$\alpha_6 = (f(\text{MHz} / 900))^2 = (850 / 900)^2 = 0,891$$

Στις παραπάνω εκφράσεις τα ύψη των κεραιών εκφράζονται σε m, η ισχύς εκπομπής σε W και τα κέρδη των κεραιών ως καθαροί αριθμοί.

Οπότε το  $\alpha_0$  σύμφωνα με την (3.2) είναι:

$$\alpha_0 = 0,0871 \cdot 0,0436 \cdot 1,28 \cdot 0,656 \cdot 5,12 \cdot 0,891 = 0,0145 = -18,37 \text{ dB}$$

### **3.4 Μοντελοποίηση των μετρητικών δεδομένων**

Παρακάτω βρίσκουμε τις παραμέτρους του μοντέλου Lee, έτσι ώστε οι καμπύλες που προκύπτουν με την εφαρμογή του μοντέλου αυτού, να προσεγγίζουν τα μετρητικά δεδομένα με τον καλύτερο τρόπο.

### **3.4.1 Πρώτη μέτρηση ισχύος συναρτήσει της απόστασης εκπέμποντας από ταράτσα (διαδρομή 1.Α)**

Στον πίνακα 3.1 παρατηρούμε την μεταβολή της ισχύος του σήματος συναρτήσει της απόστασης, καθώς επίσης και τις παρατηρήσεις που καταγράψαμε. Η συχνότητα εκπομπής είναι στα 850 MHz, η ισχύς εξόδου της γεννήτριας είναι -6dBm και η ισχύς εξόδου του ενισχυτή είναι 26.4dBm. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο δρόμο που οδηγεί στην έξοδο του ΤΕΙ στις 19/10/2005.

**Πίνακας 3.1 Μετρήσεις ισχύος συναρτήσει της απόστασης**

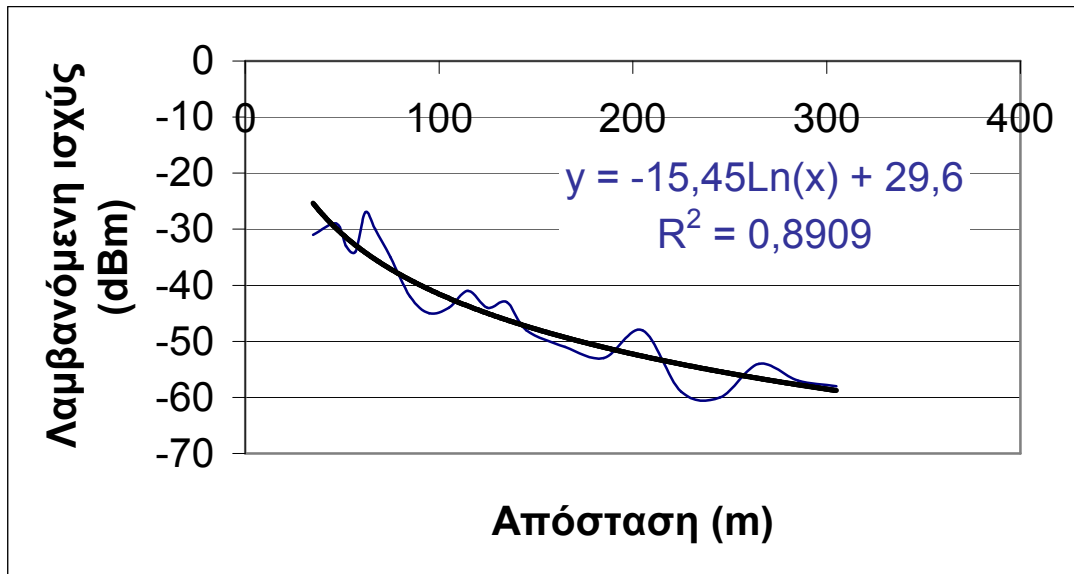
<b>D(m)</b>	<b>P(dBm)</b>	<b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ</b>
35	-31	Είμαστε σε οπτική επαφή
47	-29	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των δέντρων
52	-33	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των δέντρων
57	-34	Είμαστε σε οπτική επαφή
62	-27	Είμαστε σε οπτική επαφή
67	-30	Εδώ ξεκινάνε τα δέντρα
75	-35	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των φύλλων
85	-42	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των φύλλων
95	-45	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των φύλλων
105	-44	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των φύλλων
115	-41	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των φύλλων
125	-44	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των φύλλων
135	-43	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των φύλλων
145	-48	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των φύλλων
165	-51	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των φύλλων
185	-53	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των φύλλων
205	-48	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των φύλλων
225	-59	Δεν έχουμε οπτική επαφή λόγω των φύλλων
245	-60	Παρεμβολή κτιρίων και δέντρων



265	-54	Παρεμβολή κτιρίων και δέντρων
285	-57	Παρεμβολή κτιρίων και δέντρων
305	-58	Παρεμβολή κτιρίων και δέντρων

Κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων παρατηρήσαμε, ότι επειδή οι κεραίες που χρησιμοποιήσαμε είναι κατευθυντικές, για να πάρουμε την μέγιστη ισχύ έπρεπε να είναι απολύτως ευθυγραμμισμένες, ειδικότερα όταν η ζεύξη γινόταν σε πολύ κοντινή απόσταση καθώς ο λοβός ήταν ακόμα στενός. Στη συνέχεια καθώς μεγάλωνε η απόσταση της ζεύξης ο λοβός ακτινοβολίας άνοιγε και το φαινόμενο δεν ήταν πλέον τόσο έντονο. Επίσης παρατηρήσαμε ότι όταν παρεμβάλλονταν διάφορα εμπόδια μεταξύ της κεραίας εκπομπής και της κεραίας λήψης (π.χ. δέντρα), είχαμε σημαντική μείωση της λαμβανόμενης ισχύος.

Μια άλλη σημαντική παρατήρηση που μπορούμε να κάνουμε βλέποντας το σχήμα 3.1 είναι η ύπαρξη υψίσυχων διαλείψεων. Παρατηρούμε δηλαδή γρήγορες αλλαγές που παρουσιάζει η στάθμη του σήματος λόγω των πολλαπλών οδεύσεων, καθώς στις ασύρματες ζεύξεις το κύμα φτάνει από τον πομπό στον δέκτη από πολλές διαδρομές. Οι συνιστώσες αυτές διαφέρουν σε φάση και πλάτος και το διανυσματικό τους άθροισμα παρουσιάζει σημαντική διακύμανση. Επειδή στις μετρήσεις που πήραμε ο δέκτης δεν ήταν σταθερός αλλά μετακινούνταν, οι διαδρομές του κύματος είναι πάρα πολλές με αποτέλεσμα η λαμβανόμενη ισχύς να παρουσιάζει αρκετές διακυμάνσεις με μεγαλύτερη αυτή των 10dB που παρατηρήσαμε στα 225m της ζεύξης.



Σχήμα 3.1 Λαμβανόμενη ισχύς συναρτήσει της απόστασης

Η εξίσωση της λογαριθμικής καμπύλης του σχήματος 3.1 είναι:

$$P_R = -15,45 \cdot \ln D(m) + 29,6$$

Μετατρέπουμε τον νεπέριο λογάριθμο σε δεκαδικό:

$$P_R = -15,44 \cdot 2,3 \cdot \log D(m) + 29,6 \Rightarrow P_R = -35,51 \cdot \log D(m) + 29,6$$

Στη συνέχεια μετατρέπουμε την απόσταση D από μέτρα σε χιλιόμετρα:

$$P_R = -35,51 \cdot \log[1000 \cdot D(Km)] + 29,6 \Rightarrow$$

$$P_R = -35,51 \cdot (\log 1000 + \log D(Km)) + 29,6$$

$$P_R = -35,51 \cdot \log 1000 - 35,51 \cdot \log D(Km) + 29,6 \Rightarrow$$

$$P_R = -106,53 - 35,51 \cdot \log D(Km) + 29,6$$

$$P_R = -35,51 \cdot \log D(Km) - 76,93$$

Οπότε το  $\gamma$  είναι 35,51 ενώ ο σταθερός όρος είναι  $-76,93\text{dB}$ . Για να βρούμε το  $P_{R1}$  θα πρέπει να αφαιρέσουμε το  $a_0$  από τον σταθερό όρο. Η τιμή του  $a_0$  είναι  $-18,37\text{ dB}$ .

$$\Rightarrow P_{R1} = -76,93 - a_0 = -76,93 - 18,37 = -95,3\text{dBm}$$

Οπότε η μέση λαμβανόμενη ισχύς σε dBm σύμφωνα με το μοντέλο Lee εκφράζεται ως εξής :

$$P_R = -95,3 - 35,51 \cdot \log D(Km) - 18,37$$

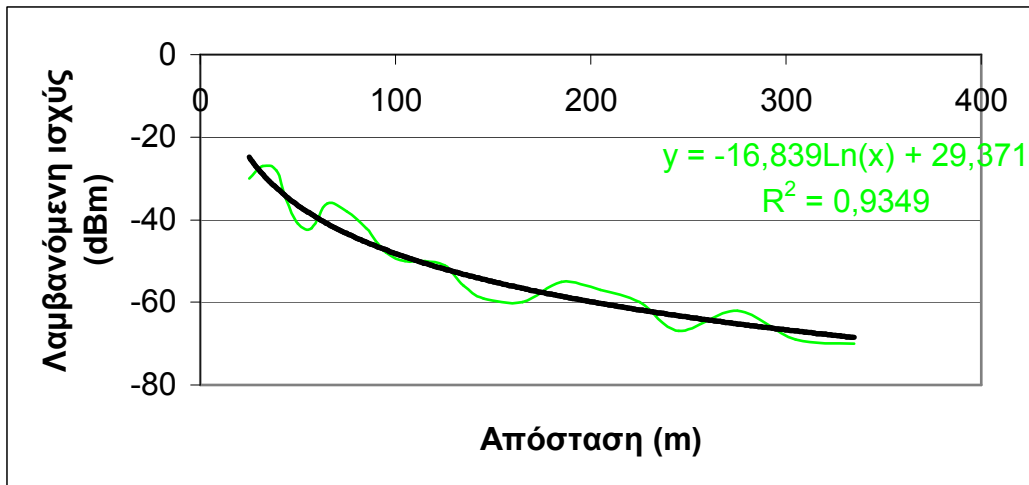
### **3.4.2 Δεύτερη μέτρηση ισχύος συναρτήσεως της απόστασης εκπέμποντας από ταράτσα (διαδρομή 1.Γ)**

Στις 14/12/2005 επαναλάβαμε την μέτρηση στην ίδια συχνότητα 850 MHz, με την ίδια ισχύ εκπομπής 26,4dBm, στο δρόμο που οδηγεί προς το αγρόκτημα. Η καμπύλη της λαμβανόμενης ισχύος συναρτήσεως της απόστασης φαίνεται στο σχήμα 3.2 και τα αποτελέσματα των μετρήσεων στον πίνακα 3.2.

**Πίνακας 3.2 Μετρήσεις ισχύος συναρτήσεως της απόστασης**

<b>D(m)</b>	<b>P(dBm)</b>	<b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ</b>
25	-30	Είμαστε σε οπτική επαφή
32	-27	Είμαστε σε οπτική επαφή
39	-28	Είμαστε σε οπτική επαφή
44	-35	Είμαστε σε οπτική επαφή
50	-41	Είμαστε σε οπτική επαφή
57	-42	Είμαστε σε οπτική επαφή
65	-36	Παρουσία λίγων δέντρων
75	-38	Παρουσία λίγων δέντρων
85	-42	Παρουσία λίγων δέντρων
95	-48	Παρουσία λίγων δέντρων
105	-50	Παρουσία λίγων δέντρων
115	-50	Παρουσία λίγων δέντρων
125	-51	Παρουσία λίγων δέντρων
135	-56	Πυκνή φυλλωσιά
145	-59	Πυκνή φυλλωσιά
165	-60	Πυκνή φυλλωσιά
185	-55	Πυκνή φυλλωσιά
205	-57	Πυκνή φυλλωσιά
225	-60	Πυκνή φυλλωσιά

245	-67	Παρεμβολή κτιρίου
275	-62	Παρεμβολή κτιρίου
305	-69	Παρεμβολή κτιρίου
335	-70	Παρεμβολή κτιρίου



**Σχήμα 3.2** Λαμβανόμενη ισχύς συναρτήσει της απόστασης

Η εξίσωση της λογαριθμικής καμπύλης του σχήματος 3.2 είναι:

$$P_R = -16,839 \cdot \ln D(m) + 29,371$$

Μετατρέπουμε τον νεπέριο λογάριθμο σε δεκαδικό:

$$P_R = -16,839 \cdot 2,3 \cdot \log D(m) + 29,371 \Rightarrow P_R = -38,72 \cdot \log D(m) + 29,371$$

Στην συνέχεια μετατρέπουμε την απόσταση D από μέτρα σε χιλιόμετρα:

$$P_R = -38,72 \cdot \log[1000 \cdot D(Km)] + 29,371 \Rightarrow$$

$$P_R = -38,72 \cdot (\log 1000 + \log D(Km)) + 29,371$$

$$P_R = -38,72 \cdot \log 1000 - 38,72 \cdot \log D(Km) + 29,371 \Rightarrow$$

$$P_R = -116,16 - 38,72 \cdot \log D(Km) + 29,371$$

$$P_R = -38,72 \cdot \log D(Km) - 86,79$$

Οπότε το  $\gamma$  είναι 38,72 ενώ ο σταθερός όρος είναι  $-86,79$ dB. Για να βρούμε το  $P_{R1}$  θα πρέπει να αφαιρέσουμε το  $a_0$  από τον σταθερό όρο. Η τιμή του  $a_0$  παραμένει σταθερή στα  $-18,37$  dB.

$$\Rightarrow P_{R1} = -86,79 - a_0 = -86,79 - 18,37 = -105,16dBm$$

Οπότε η μέση λαμβανόμενη ισχύς σε dBm σύμφωνα με το μοντέλο Lee εκφράζεται ως εξής :

$$P_R = -105,16 - 38,72 \cdot \log D(Km) - 18,37$$

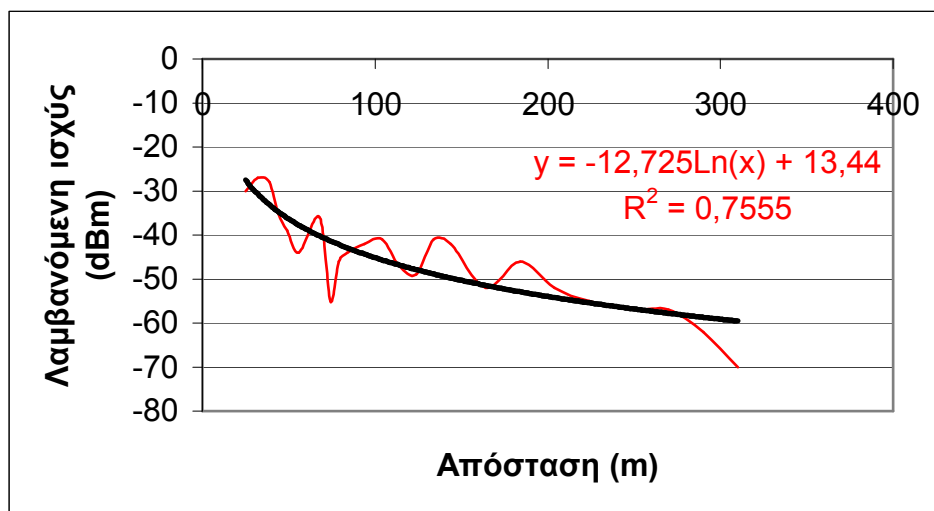
### **3.4.3 Τρίτη μέτρηση ισχύος συναρτήσει της απόστασης εκπέμποντας από ταράτσα (διαδρομή 1.B)**

Στις 14/12/2005 επαναλάβαμε την μέτρηση στην ίδια συχνότητα 850 MHz, με την ίδια ισχύ εκπομπής 26,4dBm, στο δρόμο που οδηγεί προς το χώρο στάθμευσης. Η καμπύλη της λαμβανόμενης ισχύος συναρτήσει της απόστασης φαίνεται στο σχήμα 3.3 και τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο πίνακα 3.3

**Πίνακας 3.3 Μετρήσεις ισχύος συναρτήσει της απόστασης**

<b>D(m)</b>	<b>P(dBm)</b>	<b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ</b>
25	-30	Είμαστε σε οπτική επαφή
32	-27	Είμαστε σε οπτική επαφή
39	-28	Είμαστε σε οπτική επαφή
44	-35	Δίπλα από δέντρο
49	-39	Πίσω από δέντρο
56	-44	Πίσω από δέντρο
68	-36	Πίσω από δέντρο
74	-55	Παρουσία λίγων δέντρων
79	-46	Παρουσία λίγων δέντρων
84	-44	Παρουσία λίγων δέντρων
94	-42	Παρουσία λίγων δέντρων
104	-41	Παρουσία λίγων δέντρων
114	-47	Παρουσία λίγων δέντρων
124	-49	Πυκνή φυλλωσιά

134	-41	Πυκνή φυλλωσιά
144	-42	Πυκνή φυλλωσιά
164	-52	Παρουσία αυτοκινήτων και δέντρων
184	-46	Παρουσία αυτοκινήτων και δέντρων
204	-52	Πυκνή φυλλωσιά
224	-55	Παρεμβολή κτιρίου
250	-57	Παρεμβολή κτιρίου
270	-57	Παρεμβολή κτιρίου
290	-62	Παρεμβολή κτιρίου
310	-70	Παρεμβολή κτιρίου



**Σχήμα 3.3** Λαμβανόμενη ισχύς συναρτήσει της απόστασης

Η εξίσωση της λογαριθμικής καμπύλης του σχήματος 3.3 είναι:

$$P_R = -12,725 \cdot \ln D(m) + 13,44$$

Μετατρέπουμε τον νεπέριο λογάριθμο σε δεκαδικό:

$$P_R = -12,725 \cdot 2,3 \cdot \log D(m) + 13,44 \Rightarrow P_R = -29,26 \cdot \log D(m) + 13,44$$

Στην συνέχεια μετατρέπουμε την απόσταση D από μέτρα σε χιλιόμετρα:

$$P_R = -29,26 \cdot \log[1000 \cdot D(Km)] + 13,44 \Rightarrow$$

$$P_R = -29,26 \cdot (\log 1000 + \log D(Km)) + 13,44$$

$$P_R = -29,26 \cdot \log 1000 - 29,26 \cdot \log D(Km) + 13,44 \Rightarrow$$

$$P_R = -87,78 - 29,26 \cdot \log D(Km) + 13,44$$

$$P_R = -29,26 \cdot \log D(Km) - 74,34$$

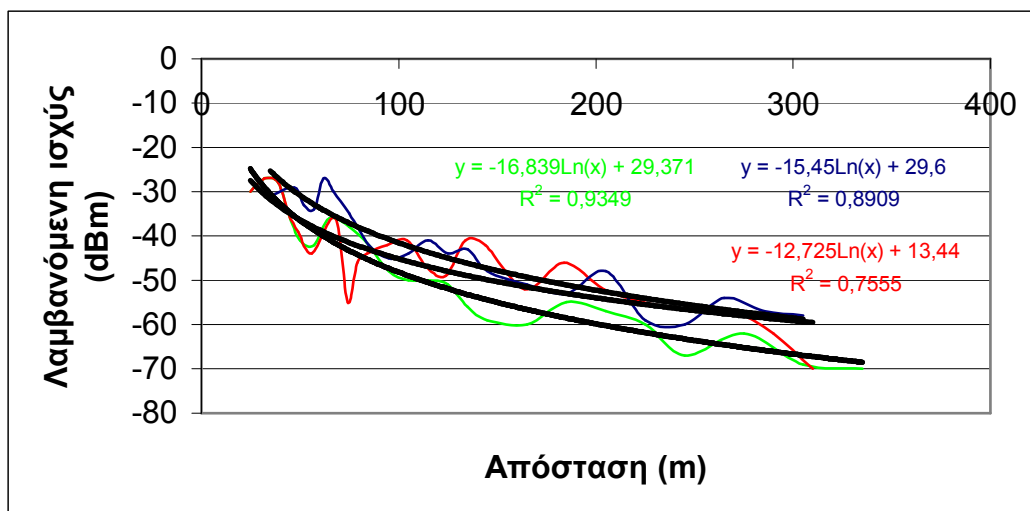
Οπότε το  $\gamma$  είναι 29,26 ενώ ο σταθερός όρος είναι  $-74,34$  για να βρούμε το  $P_{R1}$  θα πρέπει να αφαιρέσουμε το  $a_0$  από τον σταθερό όρο. Η τιμή του  $a_0$  παραμένει σταθερή με πριν στα  $-18,37$  dB.

$$\Rightarrow P_{R1} = -74,34 - a_0 = -74,34 - 18,37 = -92,71 \text{ dBm}$$

Οπότε η μέση λαμβανόμενη ισχύς σε dBm σύμφωνα με το μοντέλο Lee εκφράζεται ως εξής:

$$P_R = -92,71 - 29,26 \cdot \log D(Km) - 18,37$$

### 3.5 Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά μετρήσεων από το σημείο 1



Σχήμα 3.4 Λαμβανόμενη ισχύς συναρτήσει της απόστασης

Στο σχήμα 3.4 παρατηρούμε ότι και στις τρεις μετρήσεις που έγιναν, έχουμε μικρές διαφορές στην τιμή της λαμβανόμενης ισχύος. Επίσης και στις τρεις μετρήσεις παρατηρούμε το φαινόμενο των διαλείψεων αλλά πιο έντονο είναι στη τρίτη μέτρηση. Στην δεύτερη μέτρηση (πράσινο χρώμα) παρατηρούμε σημαντική μείωση της λαμβανόμενης ισχύος. Αυτό οφείλεται στην ιδιαιτερότητα αυτής της μέτρησης καθώς οι δύο κεραίες δεν ήταν απόλυτα ευθυγραμμισμένες και υπήρχαν αρκετά φυσικά εμπόδια (όπως δέντρα) σε αυτή την ζεύξη. Και στις τρεις μετρήσεις βλέπουμε ότι η λογαριθμική καμπύλη προσεγγίζει σε ικανοποιητικό βαθμό τα πραγματικά μετρητικά δεδομένα.

Στον πίνακα 3.4 βλέπουμε τις τιμές που έχει η λαμβανόμενη ισχύς σε dBm, σε απόσταση 1Km από το ΣΒ ( $P_{R1}$ ) και τις τιμές της παραμέτρου  $\gamma$  έτσι όπως τις υπολογίσαμε παραπάνω για τις τρεις μετρήσεις που πραγματοποιήσαμε. Παρατηρούμε ότι στην τρίτη μέτρηση η παράμετρος  $\gamma$  έχει σημαντική μεταβολή, λόγω μεγαλύτερων διαλείψεων. Αυτό αποδίδεται στην παρουσία πολλών δέντρων και άλλων αντικειμένων (αυτοκίνητα, κτίρια, κτλ).

**Πίνακας 3.4 Παράμετροι του μοντέλου Lee**

	$P_{R1}$ (dBm)	$\gamma$
1 <sup>η</sup> μέτρηση στις: 19/10//2005 (1.A)	95,3	35,51
2 <sup>η</sup> μέτρηση στις: 14/12/2005 (1.Γ)	105,16	38,72
3 <sup>η</sup> μέτρηση στις: 14/12/2005 (1.B)	92,71	29,26



### 3.6 Πρώτη μέτρηση ισχύος συναρτήσει της απόστασης εκπέμποντας από ιστό και υπολογισμός του συντελεστή διόρθωσης $\alpha_0$ (διαδρομή 2.A)

Στις 20/10/2005 πραγματοποιήσαμε την πρώτη μέτρηση εκπέμποντας από τον ιστό του Τμήματος Ηλεκτρονικής του ΑΤΕΙΘ, στην ίδια συχνότητα των 850 MHz. Η μέτρηση τελέστηκε στο δρόμο που οδηγεί προς την έξοδο του ΤΕΙ. Οι τιμές των παραμέτρων του μετρητικού μας συστήματος παραμένουν ίδιες, εκτός απ' το ύψος της κεραίας εκπομπής  $h_b = 18m$ , την αντίσταση εισόδου  $75\Omega$  και την ισχύ εκπομπής  $P_T = 12,4dBm$ . Η διαφορά που παρατηρούμε στο  $P_T$  μεταξύ της 1<sup>ης</sup> και της 2<sup>ης</sup> μέτρησης οφείλεται στις απώλειες καλωδίων και στον προσαρμογέα (matching pad). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μεταβολή του συντελεστή διόρθωσης  $\alpha_0$ , που δίνεται (ως καθαρός αριθμός) από τη σχέση

$$\alpha_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \quad (3.3)$$

όπου

$$\alpha_1 = (h_b / 30,48)^2 = (18 / 30,48)^2 = 0,348$$

$$\alpha_2 = P_T / 10 = 0,0173 / 10 = 0,00173 \quad \text{όπου} \quad P_T = \frac{10^{1,24}}{10^3} = 0.0173W$$

$$\alpha_3 = G_T / 4 = 5,12 / 4 = 1,28$$

$$\alpha_4 = \begin{cases} h_m / 3,048, h_m < 10m \\ (h_m / 3,048)^2, h_m > 10m \end{cases} = 2 / 3,048 = 0,656$$

$$\alpha_5 = G_R = 5,12$$

$$\alpha_6 = (f(MHz) / 900)^2 = (850 / 900)^2 = 0,891$$

Στις παραπάνω εκφράσεις τα ύψη των κεραιών εκφράζονται σε m, η ισχύς εκπομπής σε W και τα κέρδη των κεραιών ως καθαροί αριθμοί.

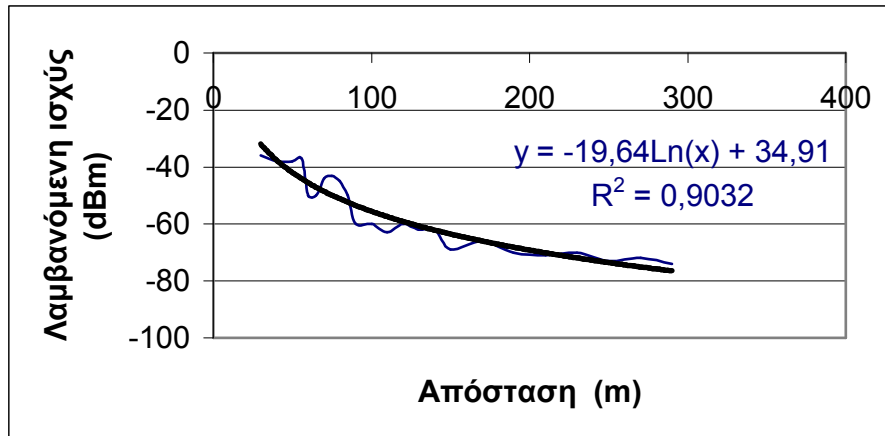
Οπότε το  $\alpha_0$  σύμφωνα με την εξίσωση (3.3) είναι

$$\alpha_0 = 0,348 \cdot 0,00173 \cdot 1,28 \cdot 0,656 \cdot 5,12 \cdot 0,891 = 2,306 \cdot 10^{-3} = -26,37dB.$$

Στον πίνακα 3.5 παρατηρούμε την μεταβολή της ισχύος του σήματος συναρτήσει της απόστασης, καθώς επίσης και τις παρατηρήσεις που καταγράψαμε.

**Πίνακας 3.5 Μετρήσεις ισχύος συναρτήσει της απόστασης**

<b>D(m)</b>	<b>P(dBm)</b>	<b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ</b>
30	-36	Είμαστε σε οπτική επαφή
40	-38	Είμαστε σε οπτική επαφή
50	-38	Είμαστε σε οπτική επαφή
56	-37	Είμαστε σε οπτική επαφή
60	-50	Είμαστε σε οπτική επαφή
65	-50	Είμαστε σε οπτική επαφή
70	-44	Είμαστε σε οπτική επαφή
75	-43	Είμαστε σε οπτική επαφή
80	-45	Είμαστε σε οπτική επαφή
85	-50	Είμαστε σε οπτική επαφή
90	-60	Παρουσία λίγων δέντρων
100	-60	Παρουσία λίγων δέντρων
110	-63	Παρουσία λίγων δέντρων
120	-60	Παρουσία δέντρων
130	-62	Παρουσία δέντρων
140	-62	Παρουσία δέντρων
150	-69	Παρουσία αυτοκινήτων και δέντρων
170	-66	Παρουσία αυτοκινήτων και δέντρων (δίπλα από κτίριο πληροφορικής)
190	-70	Παρεμβολή κτιρίου
210	-71	Παρεμβολή κτιρίου
230	-70	Παρεμβολή κτιρίου και παρουσία δέντρων
250	-73	Παρεμβολή κτιρίου και παρουσία δέντρων
270	-72	Παρεμβολή κτιρίου
290	-74	Παρεμβολή κτιρίου



**Σχήμα 3.5** Λαμβανόμενη ισχύς συναρτήσει της απόστασης

Η εξίσωση της λογαριθμικής καμπύλης του σχήματος 3.5 είναι:

$$P_R = -16,64 \cdot \ln D(m) + 34,91$$

Μετατρέπουμε τον νεπέριο λογάριθμο σε δεκαδικό:

$$P_R = -16,64 \cdot 2,3 \cdot \log D(m) + 34,91 \Rightarrow P_R = -38,27 \cdot \log D(m) + 34,91$$

Στην συνέχεια μετατρέπουμε την απόσταση D από μέτρα σε χιλιόμετρα:

$$P_R = -38,27 \cdot \log[1000 \cdot D(Km)] + 34,91 \Rightarrow$$

$$P_R = -38,27 \cdot (\log 1000 + \log D(Km)) + 34,91$$

$$P_R = -38,27 \cdot \log 1000 - 38,27 \cdot \log D(Km) + 34,91 \Rightarrow$$

$$P_R = -114,81 - 38,27 \cdot \log D(Km) + 34,91$$

$$P_R = -38,27 \cdot \log D(Km) - 79,9$$

Οπότε το  $\gamma$  είναι 38,27 ενώ ο σταθερός όρος είναι  $-79,9$  για να βρούμε το  $P_{R1}$  θα πρέπει να αφαιρέσουμε το  $a_0$  από τον σταθερό όρο. Η τιμή του  $a_0$  είναι  $-26,37$  dB .

$$\Rightarrow P_{R1} = -79,9 - a_0 = -79,9 - 26,37 = -106,7 \text{ dBm}$$

Οπότε η μέση λαμβανόμενη ισχύς σε dBm, σύμφωνα με το μοντέλο Lee, εκφράζεται ως εξής :

$$P_R = -106,7 - 38,27 \cdot \log D(Km) - 26,37$$

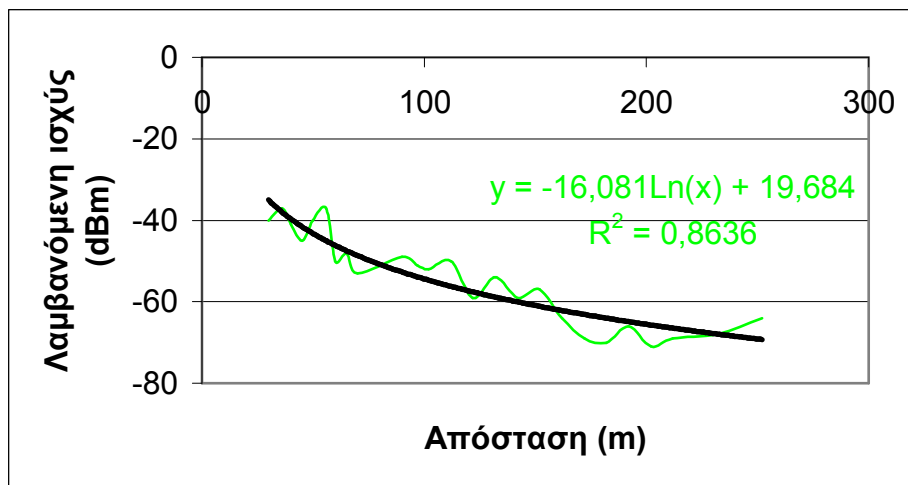
### **3.6.1 Δεύτερη μέτρηση ισχύος συναρτήσει της απόστασης εκπέμποντας από ιστό (διαδρομή 2.Β)**

Στις 24/10/2005 επαναλάβαμε την μέτρηση στην ίδια συχνότητα 850 MHz, με την ίδια ισχύ εκπομπής 26,4dBm, στο δρόμο που οδηγεί προς το χώρο στάθμευσης. Η καμπύλη της λαμβανόμενης ισχύος συναρτήσει της απόστασης φαίνεται στο σχήμα 3.6 και τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο πίνακα 3.6.

**Πίνακας 3.6 Μετρήσεις ισχύος συναρτήσει της απόστασης**

<b>D(m)</b>	<b>P(dBm)</b>	<b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ</b>
30	-40	Είμαστε σε οπτική επαφή
36	-37	Είμαστε σε οπτική επαφή
40	-41	Είμαστε σε οπτική επαφή
45	-45	Είμαστε σε οπτική επαφή
50	-40	Είμαστε σε οπτική επαφή
56	-37	Είμαστε σε οπτική επαφή
60	-50	Είμαστε σε οπτική επαφή
65	-48	Είμαστε σε οπτική επαφή
70	-53	Είμαστε σε οπτική επαφή
90	-49	Είμαστε σε οπτική επαφή
97	-51	Μπροστά από χαμηλό κτίριο
102	-52	Μέσα στο χώρο στάθμευσης
112	-50	Μέσα στο χώρο στάθμευσης
122	-59	Παρουσία πολλών δέντρων
132	-54	Παρουσία πολλών δέντρων
142	-59	Παρουσία πολλών δέντρων
152	-57	Παρουσία πολλών δέντρων
162	-64	Παρουσία πολλών δέντρων
172	-69	Αρχή από γρασίδια
182	-70	Μέσα στα γρασίδια

192	-66	Μέσα στα γρασίδια
202	-71	Μέσα στα γρασίδια, παρουσία δέντρων
212	-69	Κέντρο από τα γρασίδια
232	-68	Δίπλα από Σ.Ε.Υ.Π.
252	-64	Μπροστά από το εστιατόριο καθηγητών



**Σχήμα 3.6** Λαμβανόμενη ισχύς συναρτήσει της απόστασης

Η εξίσωση της λογαριθμικής καμπύλης του σχήματος 3.6 είναι:

$$P_R = -16,081 \cdot \ln D(m) + 19,684$$

Μετατρέπουμε τον νεπέριο λογάριθμο σε δεκαδικό:

$$P_R = -16,081 \cdot 2,3 \cdot \log D(m) + 19,684 \Rightarrow P_R = -36,98 \cdot \log D(m) + 19,684$$

Στην συνέχεια μετατρέπουμε την απόσταση D από μέτρα σε χιλιόμετρα:

$$P_R = -36,98 \cdot \log[1000 \cdot D(Km)] + 19,684 \Rightarrow$$

$$P_R = -36,98 \cdot (\log 1000 + \log D(Km)) + 19,684$$

$$P_R = -36,98 \cdot \log 1000 - 36,98 \cdot \log D(Km) + 19,684 \Rightarrow$$

$$P_R = -110,94 - 36,98 \cdot \log D(Km) + 19,684$$

$$P_R = -36,98 \cdot \log D(Km) - 91,25$$

Οπότε το  $\gamma$  είναι 36,98 ενώ ο σταθερός όρος είναι  $-91,25$  για να βρούμε το  $P_{R1}$  θα πρέπει να αφαιρέσουμε το  $a_0$  από τον σταθερό όρο. Η τιμή του  $a_0$  είναι  $-26,37$  dB.

$$\Rightarrow P_{R1} = -91,25 - a_0 = -91,25 - 26,37 = -117,62 \text{ dBm}$$

Οπότε η μέση λαμβανόμενη ισχύς σε dBm, σύμφωνα με το μοντέλο Lee, εκφράζεται ως εξής :

$$P_R = -117,62 - 36,98 \cdot \log D(Km) - 26,37$$

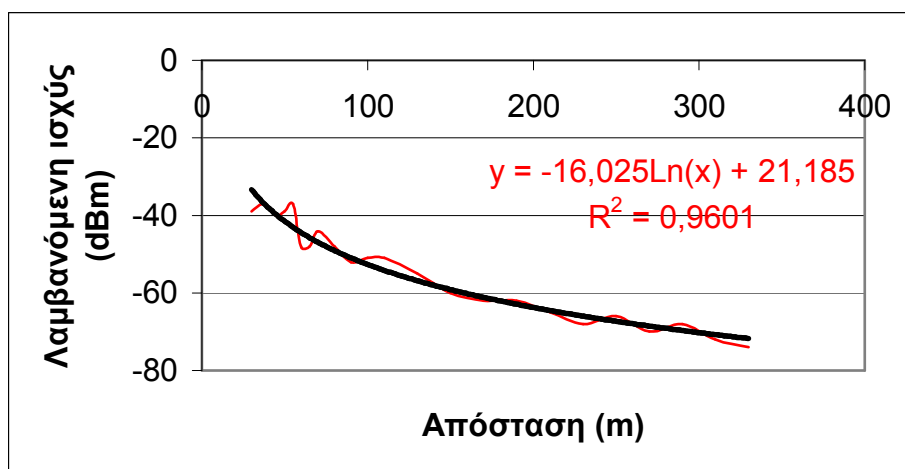
### **3.6.2 Τρίτη μέτρηση ισχύος συναρτήσει της απόστασης εκπέμποντας από ιστό (διαδρομή 2.Γ)**

Στις 14/12/2005 επαναλάβαμε την μέτρηση στην ίδια συχνότητα 850 MHz, με την ίδια ισχύ εκπομπής 12,4dBm, στο δρόμο που οδηγεί προς το αγρόκτημα. Η καμπύλη της λαμβανόμενης ισχύος συναρτήσει της απόστασης φαίνεται στο σχήμα 3.7 και τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο πίνακα 3.7.

**Πίνακας 3.7 Μετρήσεις ισχύος συναρτήσει της απόστασης**

<b>D(m)</b>	<b>P(dBm)</b>	<b>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ</b>
30	-39	Είμαστε σε οπτική επαφή
36	-37	Παρουσία δέντρου
40	-38	Παρουσία δέντρου
45	-40	Πυκνή φυλλωσιά
50	-39	Πυκνή φυλλωσιά
55	-37	Πυκνή φυλλωσιά
60	-48	Παρουσία δέντρων
65	-48	Παρουσία δέντρων
70	-44	Παρουσία δέντρων
80	-48	Παρουσία δέντρων
90	-52	Παρουσία δέντρων

100	-51	Παρουσία δέντρων
110	-51	Παρουσία δέντρων
130	-55	Παρουσία δέντρων
150	-60	Παρουσία δέντρων
170	-62	Παρουσία δέντρων
190	-62	Παρουσία δέντρων
210	-65	Παρουσία δέντρων
230	-68	Παρουσία δέντρων
250	-66	Παρουσία δέντρων
270	-70	Δέντρα
290	-68	Δέντρα
310	-72	Δέντρα
330	-74	Δέντρα



**Σχήμα 3.7** Λαμβανόμενη ισχύς συναρτήσει της απόστασης

Η εξίσωση της λογαριθμικής καμπύλης του σχήματος 3.7 είναι:

$$P_R = -16,025 \cdot \ln D(m) + 21,185$$

Μετατρέπουμε τον νεπέριο λογάριθμο σε δεκαδικό:

$$P_R = -16,025 \cdot 2,3 \cdot \log D(m) + 21,185 \Rightarrow P_R = -36,85 \cdot \log D(m) + 21,185$$

Στην συνέχεια μετατρέπουμε την απόσταση D από μέτρα σε χιλιόμετρα:

$$P_R = -36,85 \cdot \log[1000 \cdot D(Km)] + 21,185 \Rightarrow$$

$$P_R = -36,85 \cdot (\log 1000 + \log D(Km)) + 21,185$$

$$P_R = -36,85 \cdot \log 1000 - 36,85 \cdot \log D(Km) + 21,185 \Rightarrow$$

$$P_R = -110,57 - 36,85 \cdot \log D(Km) + 21,185$$

$$P_R = -36,85 \cdot \log D(Km) - 89,38$$

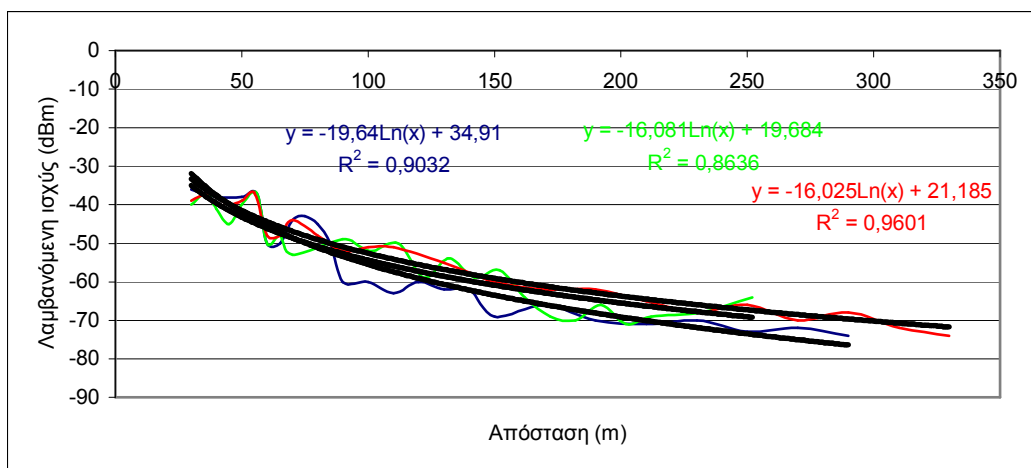
Οπότε το  $\gamma$  είναι 36,85 ενώ ο σταθερός όρος είναι  $-89,38$  για να βρούμε το  $P_{R1}$  θα πρέπει να αφαιρέσουμε το  $a_0$  από τον σταθερό όρο. Η τιμή του  $a_0$  είναι  $-26,37$  dB.

$$\Rightarrow P_{R1} = -89,38 - a_0 = -89,38 - 26,37 = -115,75 \text{ dBm}$$

Οπότε η μέση λαμβανόμενη ισχύς σε dBm, σύμφωνα με το μοντέλο Lee, εκφράζεται ως εξής :

$$P_R = -115,75 - 36,85 \cdot \log D(Km) - 26,37$$

### 3.7 Συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά μετρήσεων από το σημείο 2



**Σχήμα 3.8** Λαμβανόμενη ισχύς συναρτήσει της απόστασης

Παρατηρώντας τα συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά των μετρήσεων βλέπουμε ότι στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από τον ιστό, οι



λογαριθμικές τους καμπύλες προσεγγίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό τα πραγματικά μετρητικά δεδομένα . Με εξαίρεση τη δεύτερη μέτρηση, (σχήμα 3.6, χρώμα πράσινο), όπου έχουμε έντονο το φαινόμενο των διαλείψεων, αυτό οφείλεται στη παρουσία εμποδίων (δέντρα, αυτοκίνητα, κτίρια). Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει το ύψος της κεραίας εκπομπής, όπου στις μετρήσεις από τον ιστό διπλασιάζεται  $h_b = 18m$ , με αποτέλεσμα να έχουμε οπτική επαφή σε μεγαλύτερη απόσταση. Τέλος, λόγω της μεταβολής του ύψους της κεραίας και της ισχύος εκπομπής, έχουμε αλλαγή στο συντελεστή διόρθωσης  $a_0$ .

Στον πίνακα 3.8 βλέπουμε τις τιμές που έχει η λαμβανόμενη ισχύς σε dBm, σε απόσταση 1Km από το ΣΒ ( $P_{R1}$ ) και τις τιμές της παραμέτρου  $\gamma$ , έτσι όπως τις υπολογίσαμε παραπάνω για τις τρεις μετρήσεις που πραγματοποιήσαμε. Παρατηρούμε ότι η παράμετρος  $\gamma$  έχει πολύ μικρές μεταβολές σε σχέση με τις προηγούμενες μετρήσεις και αυτό οφείλεται στο διπλασιασμό του ύψους της κεραίας εκπομπής.

**Πίνακας 3.8 Παράμετροι του μοντέλου Lee**

	$P_{R1}$ (dBm)	$\gamma$
1 <sup>η</sup> μέτρηση στις: 20/10/2005 (2.A)	106,7	38,27
2 <sup>η</sup> μέτρηση στις: 24/10/2005 (2.B)	117,62	36,98
3 <sup>η</sup> μέτρηση στις: 14/12/2005 (2.Γ)	115,85	36,85

### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΝΔΟΚΑΝΑΛΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ

#### 4.1 Παρεμβολές

Ένα σημαντικό πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπίσουμε στις κινητές επικοινωνίες, εκτός από την εξασθένηση του σήματος και τις διαλείψεις είναι το πρόβλημα των παρεμβολών. Η σπουδαιότερη από αυτές είναι η ενδοκαναλική παρεμβολή, με την οποία θα ασχοληθούμε σε αυτό το κεφάλαιο.

#### 4.2 Ενδοκαναλική παρεμβολή

Η ενδοκαναλική παρεμβολή προέρχεται από την επίδραση που ασκείται στο κανάλι στο οποίο είναι συντονισμένος ο δέκτης από το σήμα που έρχεται από κάποιο μακρινό Σ.Β. ο οποίος χρησιμοποιεί το ίδιο κανάλι.

Ορίζεται ως ο λόγος της ισχύος του σήματος που φτάνει στο δέκτη από το τοπικό Σ.Β. προς την ισχύ του σήματος που λαμβάνεται στο ίδιο κανάλι από το μακρινό Σ.Β.

Για την υλοποίηση αυτού του πειράματος θα χρησιμοποιήσουμε τον παρακάτω εξοπλισμό.

1. Αναλυτή φάσματος
2. Κεραία λήψης
3. Τρία φορητά ραδιοτηλέφωνα (walkie – talkie)

Τα τρία Walkie – Talkie (A,B,C) είναι συντονισμένα στην ίδια συχνότητα  $F = 434,128 \text{ MHz}$ . Το A (W.T) δουλεύοντας ως πομπός και ως πηγή ήχου π.χ. ράδιο ή ένας άνθρωπος που μιλάει. Το B (W.T) ως πηγή παρεμβολής. Το C (W.T) δουλεύοντας ως δέκτης, συνδεδεμένο με την κεραία του αναλυτή φάσματος.

Τοποθετούμε το A και το C απομακρυσμένα κατά πολλά μέτρα και χρησιμοποιούμε τον αναλυτή φάσματος για να μετρήσουμε το λαμβανόμενο σήμα από το A στα C.

Έπειτα, χωρίς να μετακινούμε το A και C ανοίγουμε το B (W.T) και παρατηρούμε τη ποιότητα του σήματος στο C. Λαμβάνουμε τα σήματα από το B σε διαφορετικές αποστάσεις, σε ένα συγκεκριμένο σημείο η μονάδα του δέκτη δεν είναι ικανή να δέχεται καθαρό σήμα. Τέλος μετράμε την ισχύ σήματος του B που λαμβάνουμε από τον αναλυτή φάσματος (με τον πομπό στον A κλειστό).

### **4.3 Πρώτη μέτρηση ενδοκαναλικής παρεμβολής**

Τοποθετούμε το A (W.T) σε απόσταση D1 40 μέτρων από το C και μετράμε την ισχύ του σήματος Carrier -50 dbm εν συνεχεία μετράμε την ισχύ παρεμβολής Interference -68 dbm, από το B, σε απόσταση D2 280 m από το C. Για να περιγράψουμε τη ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος χρησιμοποιούμε το λόγο C/I.

$$\text{Carrier / Interference} = -50 - ( - 68 ) = 18 \text{ dbm}$$

**Πίνακας 4.1 Πρώτη μέτρηση ενδοκαναλικής παρεμβολής**

F (Συχνότητα W.T)	434,128 MHz
D1 (Απόσταση A από C)	40m
D2 (Απόσταση B από C)	280m
C (Ισχύς σήματος )	-50 dbm
I (Ισχύς παρεμβολής )	-68 dbm
C/I (Carrire/ Interference)	18 db

#### **4.4 Δεύτερη μέτρηση ενδοκαναλικής παρεμβολής**

Στη δεύτερη μέτρηση τοποθετήσαμε το A (W.T) σε απόσταση D1 9m από το C και μετρήσαμε την ισχύ του σήματος Carrier -40 dbm. Εν συνεχεία μετράμε την ισχύ παρεμβολής Interference -65 dbm, από το B, σε απόσταση D2 100 m από το C.

$$\text{Carrier / Interference} = -40 - ( - 65 ) = 25 \text{ dbm}$$

**Πίνακας 4.2 Δεύτερη μέτρηση ενδοκαναλικής παρεμβολής**

F (Συχνότητα W.T)	434,128 MHz
D1 (Απόσταση A από C)	90m
D2 (Απόσταση B από C)	100m
C (Ισχύς σήματος )	-40 dbm
I (Ισχύς παρεμβολής )	-65 dbm
C/I (Carrire/ Interference)	25 db

#### **4.5 Συμπεράσματα**

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι δύο ανεξάρτητα συστήματα, δουλεύοντας ταυτόχρονα στην ίδια συχνότητα, μπορούν να λειτουργούν αποδοτικά εάν είναι χωρισμένα από μια απόσταση που επιτρέπει μείωση της ισχύος του σήματος τους. Αν η απόσταση μεταξύ των συστημάτων γίνει μικρότερη από το κρίσιμο σημείο, η ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος και στα δύο συστήματα μειώνεται σημαντικά και οι τελικοί χρήστες έχουν χαμηλή ποιότητα σήματος.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΔΙΑΛΕΙΨΕΩΝ**

#### **5.1. Διαλείψεις**

Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 4 (Μετρήσεις ενδοκαναλικής παρεμβολής), μεταξύ των σημαντικών προβλημάτων που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε στις κινητές επικοινωνίες, πέρα από την εξασθένηση του σήματος και τις παρεμβολές, είναι και το φαινόμενο των διαλείψεων.

Πιο συγκεκριμένα, στις κινητές επικοινωνίες, το σήμα φτάνει από τον πομπό στο δέκτη από πολλές διαδρομές. Οι πιθανές διαδρομές του σήματος πολλαπλασιάζονται και το λαμβανόμενο σήμα παρουσιάζει αισθητή διακύμανση πλάτους και μεταβολές συχνότητας (φαινόμενο Doppler). Ειδικότερα, σε αστικά περιβάλλοντα, που παρουσιάζουν έντονη κτιριακή υποδομή, παρατηρούνται πολυάριθμες και πολλαπλές διαδρομές. Αυτό συμβαίνει γιατί το ύψος των κεραιών είναι μικρότερο σε σχέση με το ύψος των κτιρίων και έτσι επικρατούν οι μηχανισμοί διάδοσης της σκέδασης και των πολλαπλών ανακλάσεων.

Σε ένα τέτοιο περιβάλλον πραγματοποιήθηκαν και οι μετρήσεις που πραγματοποιήσαμε (εξωτερικός χώρος του Τμήματος Ηλεκτρονικής) και η οποία περιγράφεται στο υποκεφάλαιο που ακολουθεί.

#### **5.2. Μετρήσεις διαλείψεων**

Με τη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία επιχειρούμε να μετρήσουμε τις διακυμάνσεις ισχύος του λαμβανόμενου σήματος, ως αποτέλεσμα των διαλείψεων, σε μια ορισμένη μετρητική περιοχή.

Για την υλοποίηση αυτού του πειράματος θα χρησιμοποιήσουμε τον παρακάτω εξοπλισμό:

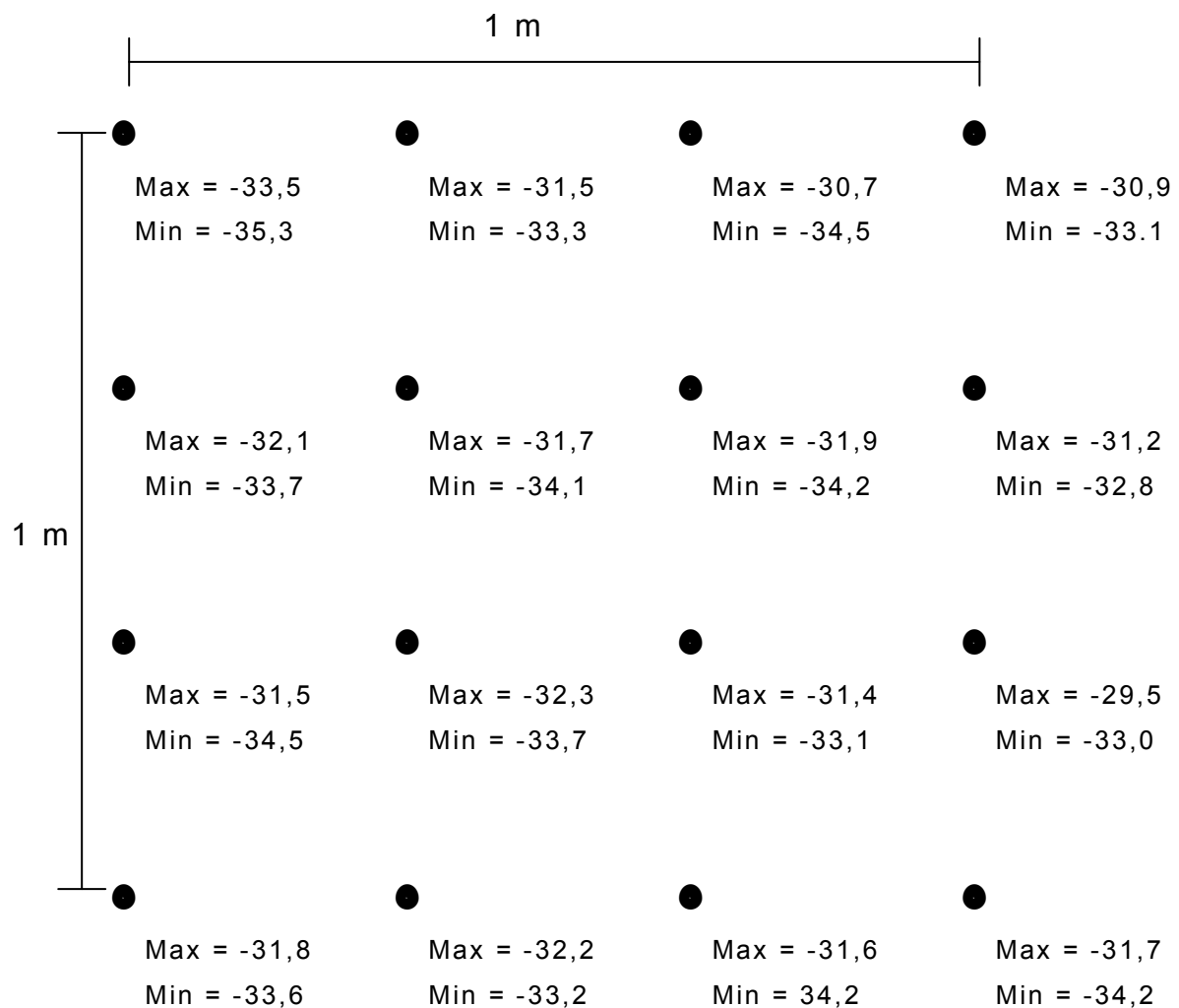
1. Γεννήτρια σήματος
2. Ενισχυτή σήματος εκπομπής
3. Κεραία εκπομπής
4. Κεραία λήψης
5. Αναλυτή φάσματος

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον εξωτερικό χώρο του Τμήματος Ηλεκτρονικής του ΤΕΙΘ, και συγκεκριμένα σε απόσταση ογδόντα (80) μέτρων από το κτίριο του Τμήματος, από όπου και γινόταν η εκπομπή του σήματος (γραφείο του κ. Μπάμνιου). Για το σκοπό αυτό, σχεδιάσαμε στο έδαφος ως μετρήσιμη περιοχή σχήμα τετράγωνο με πλευρά μήκους 1m και χωρισμένο σε 16 διαδοχικά σημεία ίσης απόστασης μεταξύ τους. Σε κάθε ένα από τα σημεία αυτά καταμετρήθηκαν οι διακυμάνσεις ισχύος του λαμβανόμενου σήματος, δηλαδή οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές ισχύος μέσα στη μετρητική περιοχή. Η συχνότητα εκπομπής ήταν στα 850 MHz, η ισχύς εξόδου της γεννήτριας ήταν στα -6dBm και η ισχύς εξόδου του ενισχυτή στα -26dBm.

### 5.3 Πρώτη μέτρηση διαλείψεων

Αφού τοποθετήσαμε τον εξοπλισμό στο σημείο εκπομπής σήματος και σχεδιάσαμε τη μετρητική περιοχή, διενεργήσαμε την πρώτη μέτρηση σε κάθε ένα από τα 16 σημεία αυτής στις 20/5/2006 και προέκυψαν τα δεδομένα του Σχεδίου 5.1.

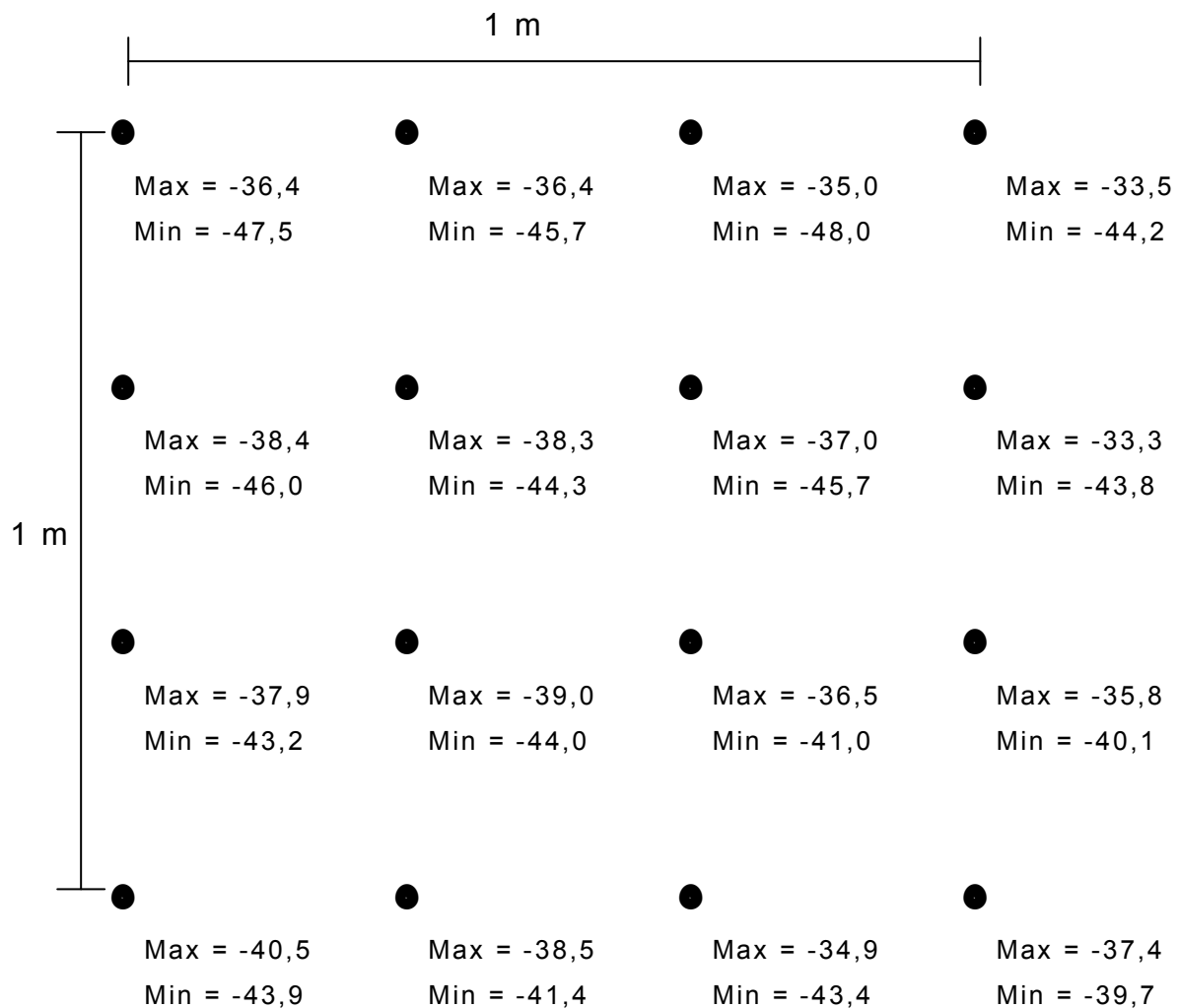
**Σχέδιο 5.1 Τιμές πρώτης μέτρησης διαλείψεων**



## 5.4 Δεύτερη μέτρηση διαλείψεων

Η δεύτερη μέτρηση διαλείψεων πραγματοποιήθηκε υπό τις ίδιες συνθήκες εκπομπής σήματος, στην ίδια μετρητική περιοχή, σε καθένα από τα 16 σημεία αυτής, την ίδια ημέρα και με διαφορά χρόνου 30 λεπτών. Τα δεδομένα που προέκυψαν παρουσιάζονται στο Σχέδιο 5.2.

Σχέδιο 5.2 Τιμές δεύτερης μέτρησης διαλείψεων





## **5.5 Συμπεράσματα**

Παρατηρώντας τις τιμές των δυο μετρήσεων (Πίνακες 5.1 και 5.2), διαπιστώνουμε ότι ενώ οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα ίδια σημεία της μετρήσιμης περιοχής δεν προέκυψε καμία ίδια τιμή της λαμβανόμενης ισχύος. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στην τυχαιότητα του φαινομένου των διαλείψεων που επηρεάζεται από παράγοντες όπως: κινητά εμπόδια (αυτοκίνητα, άνθρωποι κλπ), σταθερά εμπόδια (δέντρα, κτίρια, σταθμευμένα αυτοκίνητα), κτλ. Επομένως, από τη διαφοροποίηση των τιμών στις δύο μετρήσεις, επιβεβαιώνεται το φαινόμενο των διαλείψεων ως ένα σημαντικό πρόβλημα στις κινητές επικοινωνίες, το οποίο πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη στις ραδιοζεύξεις.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Σε αυτήν την πτυχιακή εργασία, έχοντας στη διάθεσή μας μια γεννήτρια συχνοτήτων και δυο κεραίες (μια εκπομπής και μια λήψης), υλοποιήθηκε ένα σύστημα εκπομπής και λήψης στα 850 MHz. Πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός και η κατασκευή του τροφοδοτικού του ενισχυτή ZHL-3010 LN της εταιρίας mini-circuits. Να σημειωθεί, ωστόσο, ότι κατά την κατασκευή του τροφοδοτικού οι τιμές των στοιχείων, όπως προέκυπταν από τους υπολογισμούς, σχεδόν ποτέ δεν υπήρχαν στο εμπόριο. Για το λόγο αυτό έπρεπε να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί στην επιλογή των υλικών κατά την αγορά τους, έτσι ώστε να μην επηρεαστεί η αξιοπιστία της λειτουργίας της κατασκευής.

Επιπλέον, σε μια πρώτη προσπάθεια προσδιορισμού των προβλημάτων στον τομέα των κινητών επικοινωνιών, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για την καταγραφή της μεταβολής της λαμβανόμενης ισχύος συναρτήσει της απόστασης. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, παρατηρήθηκαν αυξομειώσεις στην τιμή της λαμβανόμενης ισχύος, δηλαδή το λαμβανόμενο σήμα εξασθενούσε σημαντικά μετά τα 300m. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι σε κάθε σημείο του εξωτερικού χώρου, όπου βρισκόμασταν, για να λάβουμε τη μέγιστη ισχύ, θα έπρεπε οι δυο κεραίες να είναι απολύτως ευθυγραμμισμένες, αφού είναι κατευθυντικές.

Ακολούθησαν μετρήσεις για την επίδραση των ενδοκαναλικών παρεμβολών στις κινητές επικοινωνίες. Από τις τιμές που προέκυψαν, παρατηρήθηκε ότι δύο ανεξάρτητα συστήματα που δουλεύουν ταυτόχρονα στην ίδια συχνότητα λειτουργούν αποδοτικότερα εάν η μεταξύ τους απόσταση είναι μεγαλύτερη από το κρίσιμο σημείο. Διαφορετικά, η ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος και στα δύο

συστήματα μειώνεται σημαντικά και οι τελικοί χρήστες έχουν χαμηλή ποιότητα σήματος.

Παράλληλα, μελετήθηκε η επιρροή των διαλείψεων στη μεταβολή της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος. Διαπιστώθηκε ότι, οι διαλείψεις μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη διάδοση του σήματος, εφόσον μετρήθηκαν αυξομειώσεις του σήματος. Παράγοντες που επηρεάζουν τις διαλείψεις είναι: κινητά εμπόδια (αυτοκίνητα, άνθρωποι, κλπ) και σταθερά εμπόδια (δέντρα, κτίρια, σταθμευμένα αυτοκίνητα, κλπ).

Τέλος, να σημειωθεί ότι, ενώ η ισχύς εκπομπής της εφαρμογής μας ήταν μικρή, ωστόσο η όλη διαδικασία της ζεύξης είναι ενδεικτική για τον τρόπο λειτουργίας μεγαλύτερων και πολυπλοκότερων συστημάτων.

## **ABSTRACT**

In the following certificate work there has been an attempt to implement a transmitting system in the frequency 850 MHz and the registration of the conclusions, which resulted from test measurements, which were made through a moving carrier. Furthermore, through these test measurements, we attempt to examine the factors that influence a wireless communication such as distance, adjacent channel interference, and attenuations.

The following certificate work is composed of six units. In the first introductory unit, the purpose and the structure of the work are introduced. In the second unit, the way and the process of constructing the transmitter-receiver systems is described, and especially the power supply, which was constructed for supplying the signal amplifier ZHL 3010 LN. In the third unit, the results of the first test measurements are presented. Particularly, the changes of the power of signal due to distance are examined. In the fourth unit, the test measurements that were achieved so as to investigate the influence of adjacent channel interference in mobile communications are described. In the fifth unit of the work, the way of influence of the phenomenon of attenuations in mobile communications, is described, and particularly the variation of the received power of the signal. Finally, in the sixth unit, the results that were achieved from the test measurements are introduced and general conclusions are stated.

**Π Α Ρ Α Ρ Τ Η Μ Α**

**Δ Α Τ Α Σ Η Ε Ε Τ Σ**

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ιωαννίδου Μ., *Κινητές και Δορυφορικές Επικοινωνίες*, Θεσσαλονίκη, 2003.

Κίρτσος Γ., *Εργαστήρια Ηλεκτρονικών ΙΙ*, Θεσσαλονίκη, 2001.

Κιοσκερίδης Ι., *Ηλεκτρονικά Ισχύος*, Θεσσαλονίκη, 2002.

Χοντολίδης Α., *Ηλεκτρονικά Ισχύος*, Θεσσαλονίκη, 2003.

Καζακόπουλος Α., *Ηλεκτρονικά ΙΙΙ*, Θεσσαλονίκη, 2002.

Αμοιρίδης Κ., *Εργαστήριο Ηλεκτρονικών ΙΙΙ*, Θεσσαλονίκη, 2004.

## ΧΡΗΣΙΜΗ ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

[www.mini-circuits.com](http://www.mini-circuits.com)

[www.national.com](http://www.national.com)

# LM78XX

## Series Voltage Regulators

### General Description

The LM78XX series of three terminal regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. One of these is local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow these regulators to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78XX series is available in an aluminum TO-3 package which will allow over 1.0A load current if adequate heat sinking is provided. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Considerable effort was expended to make the LM78XX series of regulators easy to use and minimize the number of external components. It is not necessary to bypass the out-

put, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

### Features

- n Output current in excess of 1A
- n Internal thermal overload protection
- n No external components required
- n Output transistor safe area protection
- n Internal short circuit current limit
- n Available in the aluminum TO-3 package

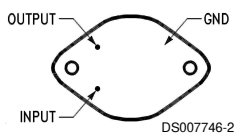
### Voltage Range

LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

### Connection Diagrams

#### Metal Can Package

TO-3 (K)  
Aluminum

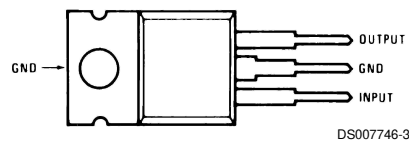


#### Bottom View

Order Number LM7805CK,  
LM7812CK or LM7815CK  
See NS Package Number KC02A

#### Plastic Package

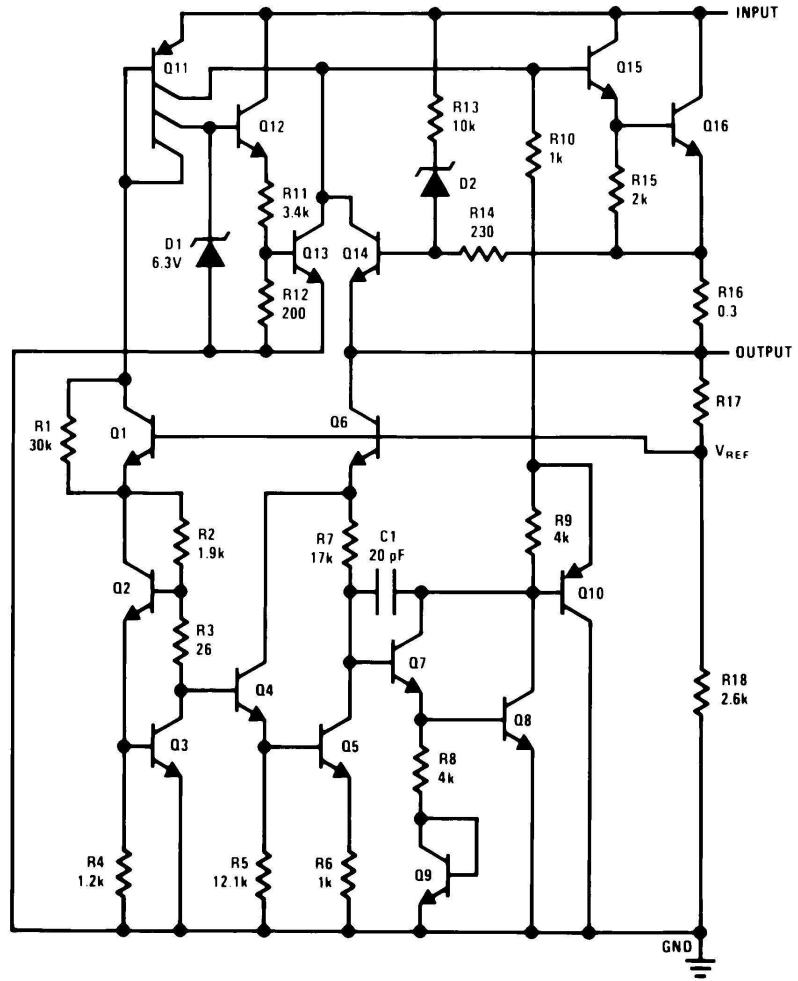
TO-220 (T)



#### Top View

Order Number LM7805CT,  
LM7812CT or LM7815CT  
See NS Package Number T03B

### Schematic



DS007746-1



### Absolute Maximum Ratings (Note 3)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Input Voltage

( $V_o = 5V, 12V$  and  $15V$ ) 35V

Internal Power Dissipation (Note 1) Internally Limited

Operating Temperature Range ( $T_a$ ) 0°C to +70°C

Maximum Junction Temperature

(K Package) 150°C

(T Package) 150°C

Storage Temperature Range -65°C to +150°C

Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)

TO-3 Package K 300°C

TO-220 Package T 230°C

### Electrical Characteristics LM78XXC (Note 2)

0°C  $\delta$  T<sub>j</sub>  $\delta$  125°C unless otherwise noted.

Output Voltage			5V			12V			15V			Units
Input Voltage (unless otherwise noted)			10V			19V			23V			
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
$V_o$	Output Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}, 5\text{ mA } \delta I_o \delta 1\text{ A}$	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V
		$P_o \delta 15\text{ W}, 5\text{ mA } \delta I_o \delta 1\text{ A}$	4.75		5.25	11.4		12.6	14.25		15.75	V
		$V_{\text{min}} \delta V_{\text{in}} \delta V_{\text{max}}$	(7.5 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 20)		(14.5 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 27)		(17.5 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 30)					V
$\square V_o$	Line Regulation	$I_o = 500\text{ mA}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	3	50	4	120	4	150			mV
			$\square V_{\text{in}}$	(7 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 25)		14.5 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 30)		(17.5 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 30)				V
			0°C $\delta$ T <sub>j</sub> $\delta$ +125°C	50		120		150				mV
		$\square V_{\text{in}}$	(8 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 20)		(15 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 27)		(18.5 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 30)				V	
		$I_o \delta 1\text{ A}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	50		120		150				mV
			$\square V_{\text{in}}$	(7.5 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 20)		(14.6 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 27)		(17.7 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 30)				V
0°C $\delta$ T <sub>j</sub> $\delta$ +125°C	25		60		75				mV			
$\square V_{\text{in}}$	(8 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 12)		(16 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 22)		(20 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 26)				V			
$\square V_o$	Load Regulation	$T_j = 25^\circ\text{C}$	5 mA $\delta I_o \delta 1.5\text{ A}$	10	50	12	120	12	150			mV
			250 mA $\delta I_o \delta 750\text{ mA}$	25		60		75				mV
		5 mA $\delta I_o \delta 1\text{ A}, 0^\circ\text{C } \delta T_j \delta +125^\circ\text{C}$	50		120		150				mV	
$I_o$	Quiescent Current	$I_o \delta 1\text{ A}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	8		8		8				mA
			0°C $\delta$ T <sub>j</sub> $\delta$ +125°C	8.5		8.5		8.5				mA
$\square I_o$	Quiescent Current Change	5 mA $\delta I_o \delta 1\text{ A}$		0.5		0.5		0.5				mA
		$T_j = 25^\circ\text{C}, I_o \delta 1\text{ A}$	1.0		1.0		1.0				mA	
		$V_{\text{min}} \delta V_{\text{in}} \delta V_{\text{max}}$	(7.5 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 20)		(14.8 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 27)		(17.9 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 30)				V	
$I_o \delta 500\text{ mA}, 0^\circ\text{C } \delta T_j \delta +125^\circ\text{C}$	$V_{\text{min}} \delta V_{\text{in}} \delta V_{\text{max}}$	1.0		1.0		1.0				mA		
		(7 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 25)		(14.5 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 30)		(17.5 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 30)				V		
$V_n$	Output Noise Voltage	$T_a = 25^\circ\text{C}, 10\text{ Hz } \delta f \delta 100\text{ kHz}$		40		75		90				$\mu\text{V}$
$\frac{\Delta V_{\text{IN}}}{\Delta V_{\text{OUT}}}$	Ripple Rejection	$f = 120\text{ Hz}$	$I_o \delta 1\text{ A}, T_j = 25^\circ\text{C}$ or $I_o \delta 500\text{ mA}$ 0°C $\delta$ T <sub>j</sub> $\delta$ +125°C	62	80	55	72	54	70			dB
			$V_{\text{min}} \delta V_{\text{in}} \delta V_{\text{max}}$	62		55		54				dB
		$V_{\text{min}} \delta V_{\text{in}} \delta V_{\text{max}}$	(8 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 18)		(15 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 25)		(18.5 $\delta$ $V_{\text{in}} \delta$ 28.5)				V	
$R_o$	Dropout Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}, I_{\text{OUT}} = 1\text{ A}$		2.0		2.0		2.0				V
	Output Resistance	$f = 1\text{ kHz}$		8		18		19				m $\Omega$

## Electrical Characteristics LM78XXC (Note 2) (Continued)

0°C  $\delta$  Tj  $\delta$  125°C unless otherwise noted.

Output Voltage			5V			12V			15V			Units
Input Voltage (unless otherwise noted)			10V			19V			23V			
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
	Short-Circuit Current	Tj = 25°C		2.1			1.5			1.2		A
	Peak Output Current	Tj = 25°C		2.4			2.4			2.4		A
	Average TC of V <sub>OUT</sub>	0°C $\delta$ Tj $\delta$ +125°C, I <sub>o</sub> = 5 mA		0.6			1.5			1.8		mV/°C
V <sub>IN</sub>	Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	Tj = 25°C, I <sub>o</sub> $\delta$ 1A		7.5		14.6			17.7			V

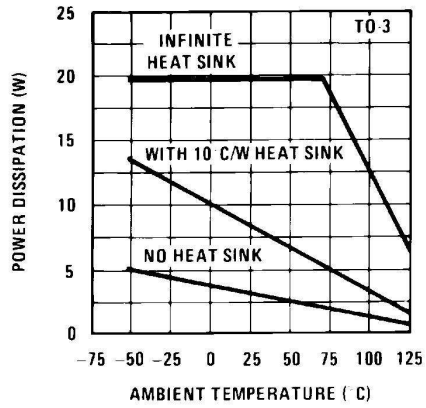
**Note 1:** Thermal resistance of the TO-3 package (K, KC) is typically 4°C/W junction to case and 35°C/W case to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package (T) is typically 4°C/W junction to case and 50°C/W case to ambient.

**Note 2:** All characteristics are measured with capacitor across the input of 0.22  $\mu$ F, and a capacitor across the output of 0.1  $\mu$ F. All characteristics except noise voltage and ripple rejection ratio are measured using pulse techniques (L  $\delta$  10 ms, duty cycle  $\delta$  5%). Output voltage changes due to changes in internal temperature must be taken into account separately.

**Note 3:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. For guaranteed specifications and the test conditions, see Electrical Characteristics.

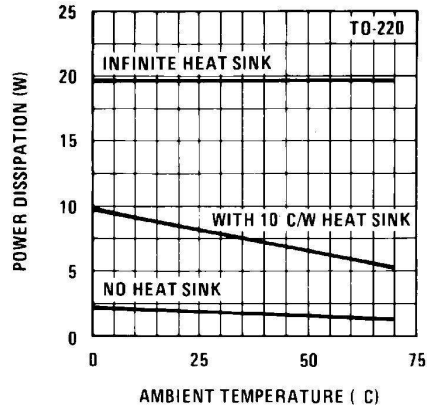
# Typical Performance Characteristics

Maximum Average Power Dissipation



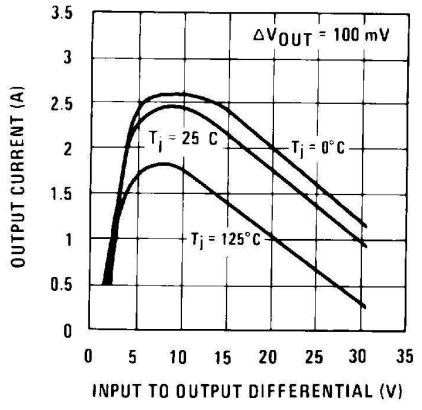
DS007746-5

Maximum Average Power Dissipation



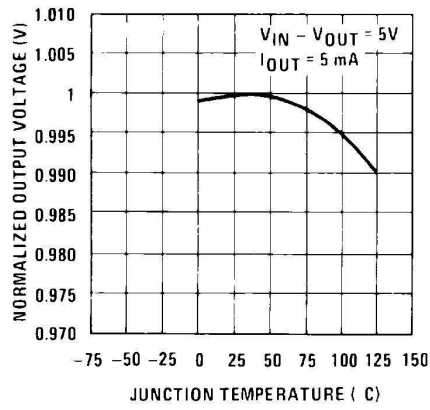
DS007746-6

Peak Output Current



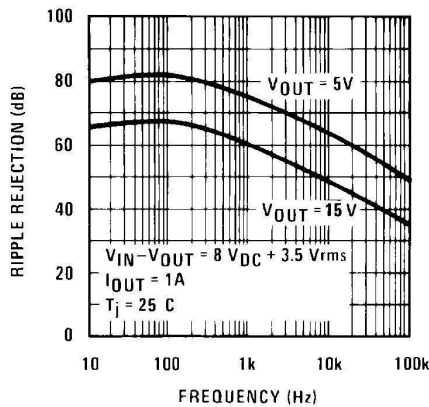
DS007746-7

Output Voltage (Normalized to 1V at  $T_j = 25^\circ\text{C}$ )



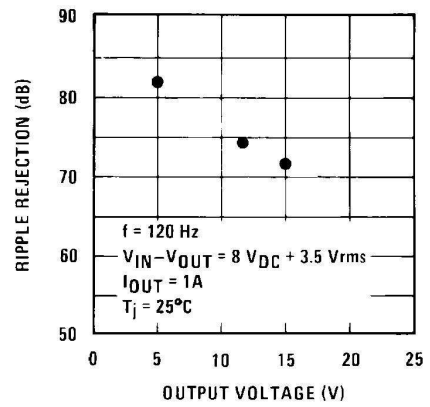
DS007746-8

Ripple Rejection



DS007746-9

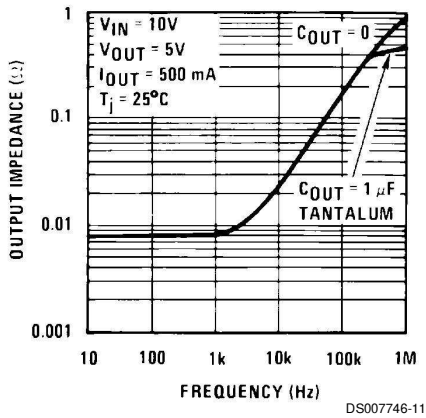
Ripple Rejection



DS007746-10

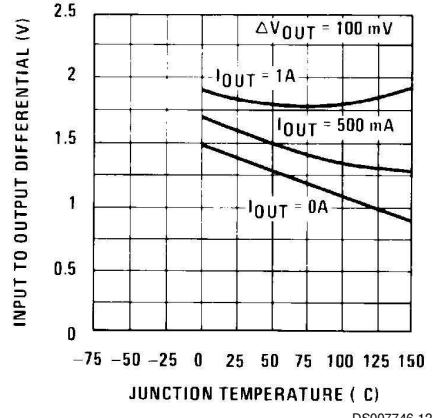
## Typical Performance Characteristics (Continued)

Output Impedance



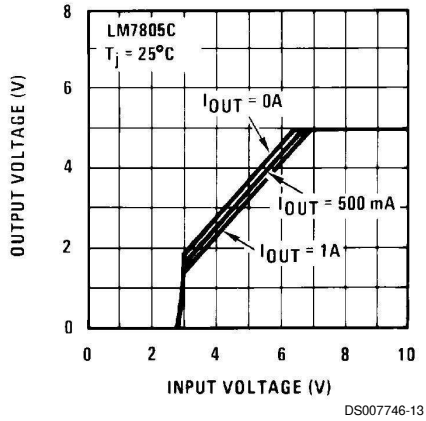
DS007746-11

Dropout Voltage



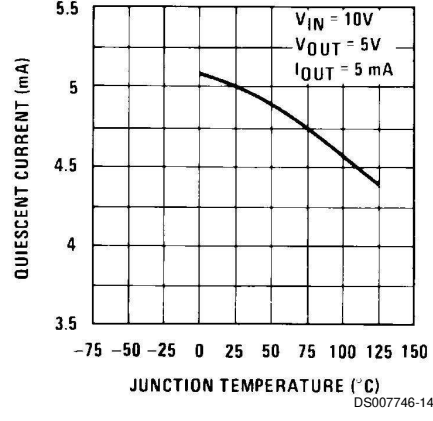
DS007746-12

Dropout Characteristics



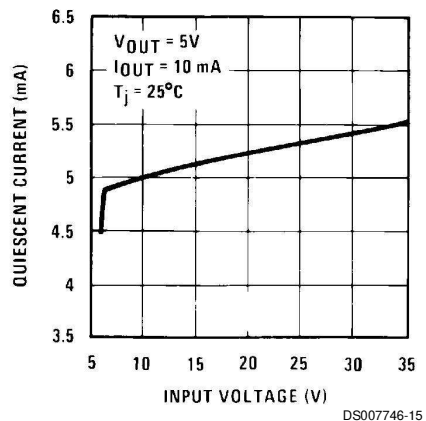
DS007746-13

Quiescent Current



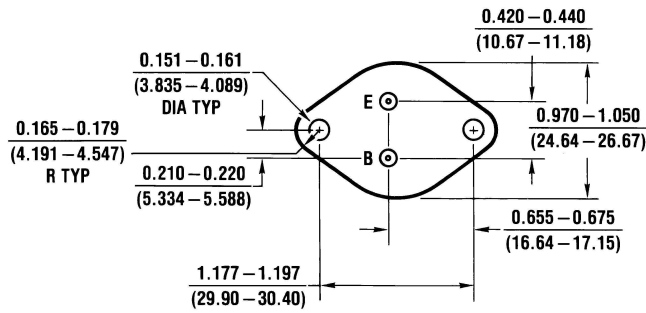
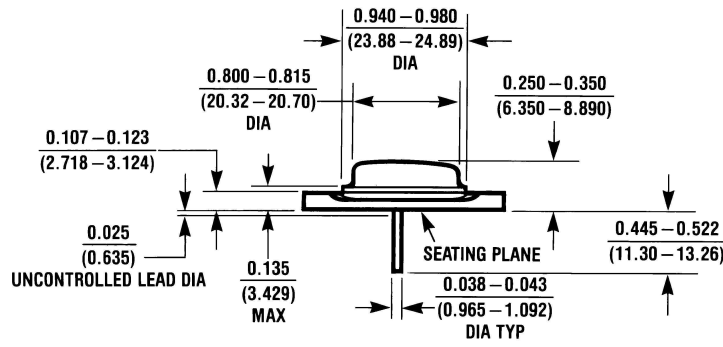
DS007746-14

Quiescent Current



DS007746-15

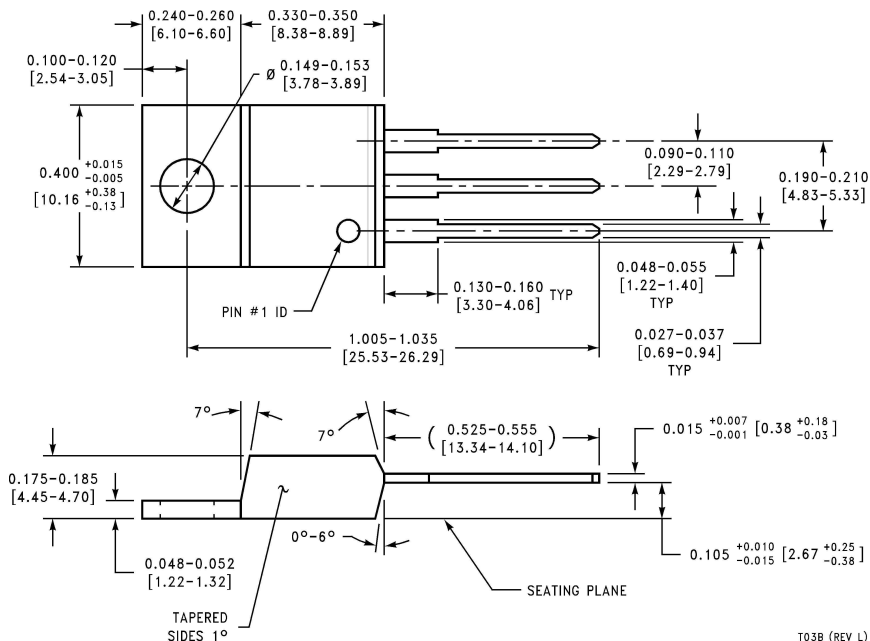
**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted



KC02A (REV C)

Aluminum Metal Can Package (KC)  
 Order Number LM7805CK, LM7812CK or LM7815CK  
 NS Package Number KC02A

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



**TO-220 Package (T)**

**Order Number LM7805CT, LM7812CT or LM7815CT**

**NS Package Number T03B**

T03B (REV L)

**LIFE SUPPORT POLICY**

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



**National Semiconductor Corporation**  
Americas  
Tel: 1-800-272-9959  
Fax: 1-800-737-7018  
Email: support@nsc.com  
www.national.com

**National Semiconductor Europe**  
Fax: +49 (0) 180-530 85 86  
Email: europe.support@nsc.com  
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208  
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171  
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

**National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group**  
Tel: 65-2544466  
Fax: 65-2504466  
Email: ap.support@nsc.com

**National Semiconductor Japan Ltd.**  
Tel: 81-3-5639-7560  
Fax: 81-3-5639-7507

High IP3

# Low Noise Amplifier

ZHL-3010+  
ZHL-3010

50Ω Medium High Power 50 to 1000 MHz

## Features

- wideband, 50 to 1000 MHz
- low noise, 5.5 dB typ.
- high IP3, +46 dBm typ.
- very high IP2, 68-83 dBm typ.
- protected by US Patent 6,943,629

## Applications

- VHF/UHF
- cellular
- test equipment
- instrumentation
- laboratory



CASE STYLE: S32

Connectors	Model	Price	Qty.
SMA	ZHL-3010(+)	\$179.95	(1-9)

+ RoHS compliant in accordance with EU Directive (2002/95/EC)

The +Suffix identifies RoHS Compliance. See our web site for RoHS Compliance methodologies and qualifications.

## Electrical Specifications

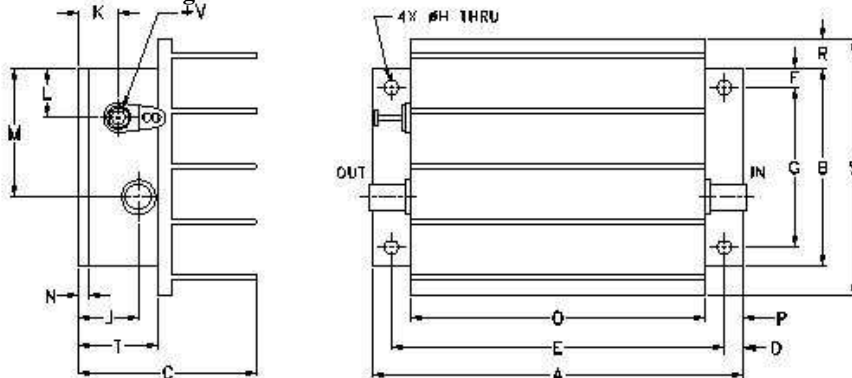
MODEL NO.	FREQ. (MHz)	GAIN N (dB)		MAXIMUM POWER OUTPUT (dBm)		DYNAMIC RANGE		VSWR (:1) Max.		DC POWER	
		Min.	Flatness Max.	(1 dB Compr.) Min.	Input (no damage) -3	NF (dB) Typ.	IP3 (dBm) Typ.	In	Out	Volt (V) Nom.	Current (A) Max.
ZHL-3010(+)	50 1000	30	±1.0	+26	-3	5.5	+46	2.5	2.0	12	1.0

Open load is not recommended, potentially can cause damage.  
With no load derate max input power by 20 dB

## Maximum Ratings

Operating Temperature	-20°C to 65°C
Storage Temperature	-55°C to 100°C
DC Voltage	+13V Max.

## Outline Drawing



## Outline Dimensions ( )mm

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	wt
3.75	2.00	1.80	19.3	3.75	19.1	6.25	.144	.50	.40	.50	1.30	.10	.38	3.00	.30	2.60	.80	grams
95.25	50.80	45.72	4.83	85.73	4.83	41.28	3.66	12.70	10.16	12.70	33.02	2.54	9.65	76.20	7.62	66.04	20.32	220.0



ISO 9001 ISO 14001 CERTIFIED

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 934-4500 Fax (718) 332-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site



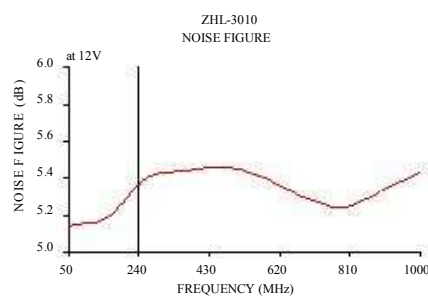
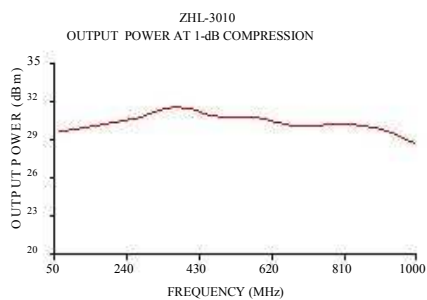
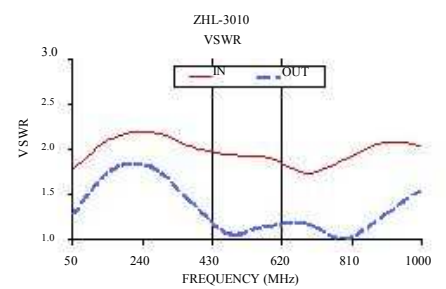
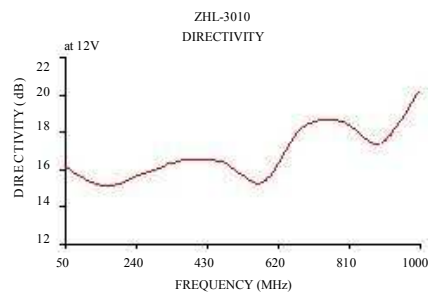
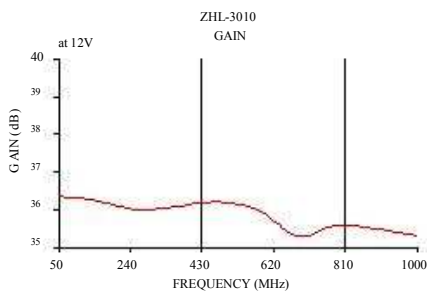
The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: [www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com)



# Typical Performance Data/Curves

# ZHL-3010+ ZHL-3010

FREQUENCY (MHz)	GAIN (dB)	DIRECTIVITY (dB)	VSWR (:1)		NOISE FIGURE (dB)	POUT at 1 dB COMPR. (dBm)
	12V	12V	IN	OUT	12V	12V
50.00	36.37	16.10	1.78	1.28	5.14	29.62
155.60	36.23	15.10	2.12	1.77	5.19	30.12
261.10	36.00	15.80	2.19	1.81	5.40	30.67
366.70	36.09	16.50	2.04	1.44	5.44	31.55
472.20	36.21	16.40	1.94	1.07	5.46	30.87
577.80	36.00	15.30	1.91	1.15	5.40	30.76
683.30	35.30	18.20	1.74	1.18	5.30	30.08
788.90	35.60	18.60	1.88	1.01	5.24	30.18
894.40	35.48	17.40	2.08	1.27	5.33	29.93
1000.00	35.29	20.20	2.04	1.56	5.43	28.74



P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 934-4500 Fax (718) 332-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site

The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: [www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com)

