

Μάθημα: ΑΡΧΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΖΕΥΞΕΩΝ

Διδάσκοντες: Γ. Κυριακού, Καθ., Μ. Χρυσομάλλης, Αν. Καθ.

Διαλέξεις από Κ. Ζωηρό, Επ. Καθ., Γ. Σταματέλλο, Επ. Καθ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΘΕΜΑΤΑ

ΚΕΦ 01. Εισαγωγή στα Συστήματα Τηλ/κών Ζεύξεων

- 1.1 Ποιες είναι οι βασικές συνιστώσες ενός συστήματος μιας τηλεπικοινωνιακής ζεύξης; Περιγράψτε σε μερικές γραμμές τις λειτουργίες που επιτελούν.
- 1.2 Τι γνωρίζετε για το κανάλι μετάδοσης;
- 1.3 Ποιες είναι οι ανεπιθύμητες επιδράσεις κατά τη μετάδοση του σήματος; Εξηγήστε σε λίγες γραμμές τι είναι η κάθε μια.
- 1.4 Ποιοι είναι οι βασικοί περιορισμοί που έχει να αντιμετωπίσει ένας σχεδιαστής ενός συστήματος τηλ/κής ζεύξης;
- 1.5 Τι είναι το εύρος ζώνης μετάδοσης και γιατί είναι σημαντική η σημασία του;

ΚΕΦ 02. Αρχιτεκτονικές Ασύρματων Συστημάτων και Διαδικασίες Σχεδιασμού

- 2.1 Ποιες είναι οι βασικές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την επιλογή της αρχιτεκτονικής του πομποδέκτη RF ενός συστήματος μιας τηλεπικοινωνιακής ζεύξης;
- 2.2 Ποιες είναι οι βασικές αρχιτεκτονικές των πομποδεκτών; Ποια είναι η πιο συνηθισμένη και γιατί;
- 2.3 Τι γνωρίζετε για την υπερετερόδυνη Αρχιτεκτονική;
- 2.4 Ποια είναι τα κύρια τμήματα ενός υπερετερόδυνου δέκτη και από ποιες βασικές επιμέρους συνιστώσες αποτελούνται;
- 2.5 Σχεδιάστε μια ζεύξη μεταξύ ενός σταθμού βάσης και ενός κινητού πομποδέκτη και σημειώστε τις άνω/κάτω ζεύξεις ή πρόσω/ανάστροφη ζεύξεις.
- 2.6 Τι είναι ο προγραμματισμός συχνοτήτων και γιατί γίνεται;

- 2.7 Αναφέρατε μερικά από τα βασικά σήματα που περιλαμβάνονται σ' έναν υπερετεροδύνο πομποδέκτη.
- 2.8 Γιατί είναι σημαντική η επιλογή της ενδιάμεσης συχνότητας; Αναφέρατε μερικά βασικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την επιλογή της.
- 2.9 Τι είναι η ανάλυση παρασιτικών προϊόντων και πως περιγράφονται αυτά για την περίπτωση δύο σημάτων;

ΚΕΦ 03. Ισολογισμός Ζεύξης και Θόρυβος

- 3.1 Γιατί είναι σημαντική η επίδραση του θορύβου σε ένα σύστημα τηλεπικοινωνιακής ζεύξης και που οφείλεται ο θόρυβος;
- 3.2 Πως ορίζεται η μέγιστη διαθέσιμη ισχύς θορύβου και με τι ισούται;
- 3.3 Τι είναι η ισοδύναμη θερμοκρασία θορύβου;
- 3.4 Πως ορίζεται ο συντελεστής θορύβου μιας διάταξης και πως σχετίζεται με τη θερμοκρασία θορύβου;
- 3.5 Τι εννοούμε με τον όρο «ισολογισμός ζεύξης»;
- 3.6 Στον υπολογισμό του ισολογισμού ζεύξης μιας τηλεπικοινωνιακής ζεύξης ποια είναι η σημαντική παράμετρος και ποιες οι κυριότερες θετικές και αρνητικές συνεισφορές;
- 3.7 Τι είναι η απώλεια διαδρομής και πως ορίζεται;
- 3.8 Ποια είναι τα βασικά μοντέλα διάδοσης που χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις και με τι ισούται η απώλεια διαδρομής σε καθένα από αυτά;
- 3.9 Πως υπολογίζεται ο θόρυβος σε μια διάταξη αν δίνεται ο συντελεστής θορύβου της διάταξης;

ΚΕΦ 04. Στοιχεία Βασικών Συνιστωσών Συστημάτων Τηλ/κών Ζεύξεων

4.1 Τρανζίστορ FET (GaAs-FET)

1. Εξηγήστε γιατί το τρανζίστορ FET λειτουργεί ως πηγή ρεύματος ελεγχόμενη από τάση.
2. Σχεδιάστε τις χαρακτηριστικές του τρανζίστορ
 - α) $I_{ds} - V_{ds}$ με παράμετρο το V_{gs}
 - β) $I_{ds} - V_{gs}$
 και ορίστε σ' αυτές: την περιοχή κορεσμού, την ενεργό περιοχή, την περιοχή κατάρρευσης καθώς και το DC-κέρδος.
3. Ορίστε τη μέγιστη καταναλισκόμενη ισχύ και το μέγιστο ρεύμα στο τρανζίστορ και με βάση αυτά σχεδιάστε στις χαρακτηριστικές του ερωτήματος-2 την πρακτικά χρήσιμη περιοχή λειτουργίας. Προσδιορίστε τα σημεία πόλωσης ενισχυτών χαμηλού θορύβου (LNA), υψηλού κέρδους (HGA) και υψηλής ισχύος (HPA).

4. Ορίστε την AC γραμμή φόρτου στο διάγραμμα των χαρακτηριστικών $I_{ds} - V_{ds}$ με παράμετρο τη V_{gs} .
5. Σχεδιάστε ένα κύκλωμα DC-πόλωσης ενός μικροκυματικού τρανζίστορ FET και δώστε ενδεικτικές τιμές για κάθε χρησιμοποιούμενο στοιχείο. Δώστε το DC-ισοδύναμο κύκλωμα και τις αντίστοιχες εξισώσεις.
6. Τάξεις Ενισχυτών Υψηλής Ισχύος
 Στις χαρακτηριστικές του ερωτήματος-2 τοποθετήστε το κατάλληλο σήμα εισόδου και εξόδου έτσι ώστε το τρανζίστορ να λειτουργεί ως ενισχυτής σε τάξη A, AB, B και C. Προσδιορίστε τη μέγιστη ισχύ εξόδου για τη λειτουργία σε τάξη-A.
7. Σχεδιάστε το διάγραμμα της ισχύος εξόδου $P_{out}(dBm)$ συναρτήσει της ισχύος εισόδου $P_{in}(dBm)$ και ορίστε το σημείο συμπίεσης κέρδους 1dB, $(PGC_{1dB})=;$
8. Σχεδιάστε το διάγραμμα κέρδους ρεύματος h_{fe} συναρτήσει της συχνότητας, ορίστε και εξηγήστε την κλίση του (-20dB/δεκάδα) και τα εμπλεκόμενα μεγέθη. Σχεδιάστε προσεγγιστικά στο ίδιο διάγραμμα τη χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης $|S_{21}|[dB]$ συναρτήσει της συχνότητας.

4.2 Ενισχυτές

1. Δώστε τη τοπολογία σχεδιασμού ενισχυτών και σημειώστε τα απαραίτητα μεγέθη (συντελεστές ανάκλασης και σύνθετες αντιστάσεις εισόδου-εξόδου).
2. Προσδιορίστε τη συνθήκη μέγιστης μεταφοράς ισχύος στην είσοδο και την έξοδο του τρανζίστορ. Κατά πόσο αυτή εξασφαλίζει το μέγιστο δυνατό κέρδος και πώς θα αξιοποιηθεί στο σχεδιασμό ενός ενισχυτή υψηλού κέρδους (HGA).
3. Ορίστε τις συνθήκες ευστάθειας στην είσοδο και την έξοδο του τρανζίστορ. Από πού επηρεάζονται και τι θα συμβεί αν παραβιασθούν εντός ή εκτός ζώνης λειτουργίας του ενισχυτή.
4. Δώστε τον ολικό δείκτη θορύβου δύο διαδοχικών βαθμίδων (F_{12}), π.χ. ενός ενισχυτή (F_1, G_1) και ενός μείκτη (F_2, G_2). Από την έκφραση αυτή προσδιορίστε τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ενός ενισχυτή χαμηλού θορύβου (LNA). Εξηγήστε πώς τα επιτυγχάνουμε.

4.3 Ταλαντωτές

1. Δώστε την τοπολογία ενός ενισχυτή με ανάδραση και προσδιορίστε τις συνθήκες επίτευξης ευσταθών ταλαντώσεων (κριτήρια Barkhausen).
2. Ορίστε τις συνθήκες έναρξης ταλαντώσεων (περίσσεια κέρδους και ισοφασική άθροιση) και εξηγήστε πότε και πώς τις εφαρμόζουμε.
3. Έστω ότι ξεκινούν ταλαντώσεις, ποιο είναι το αίτιο (κορεσμός ενισχυτή) που οδηγεί στις συνθήκες μόνιμης κατάστασης (ευσταθείς ταλαντωτές); Εξηγήστε το φαινόμενο με τη βοήθεια σχημάτων.

4.4 Μίκτες

1. Δώστε το βασικό διάγραμμα σχεδιασμού ενός μείκτη μιας διόδου και περιγράψτε την αναγκαιότητα και τη λειτουργία που εκτελεί κάθε στοιχείο.

2. Σχεδιάστε τη χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης μιας διόδου Schottky (μίκτης), τοποθετήστε σ' αυτήν την κυματομορφή του τοπικού ταλαντωτή που την οδηγεί ($v_{LO}(t)$) και σχεδιάστε την κυματομορφή του ρεύματος της διόδου $i_d(t)$.
3. Ποια είναι η επιθυμητή μορφή και πώς αυτή επιτυγχάνεται με την αύξηση ισχύος τοπικού ταλαντωτή και μέχρι ποιο όριο ($P_{LO} =$);

4.5 Φίλτρα

1. Σχεδιάστε ποιοτικά για τους τέσσερις τύπους φίλτρων: χαμηλοπερατό (LPF), υψηλοπερατό (HPF), ζωνοπερατό (BPF) και αποκοπής ζώνης (BSF), τις χαρακτηριστικές συναρτήσεις της συχνότητας: (i) ιδανική, (ii) μέγιστης επιπεδότητας (τύπου Butterworth και (iii) ίσης κυμάτωσης (τύπου Chebyshev) σε δύο μορφές: Απώλεια εισαγωγής $P_{LR}(dB)$ - Συχνότητα (f) και συντελεστής διάδοσης $T=S_{21}$ - συχνότητα (f).
2. Δώστε ένα ισοδύναμο κύκλωμα για κάθε τύπο φίλτρου LPF, HPF, BPF και BSF πέμπτης (5^{th}) τάξης. Αφού τα φίλτρα αποτελούνται από πηνία (L) και πυκνωτές (C) γιατί παρατηρούνται απώλειες στη ζώνη διέλευσης;
3. Εξηγήστε (ποιοτικά) πώς θα υλοποιήσουμε τα ανωτέρω φίλτρα στις συχνότητες RF (π.χ. δεκάδες MHz) και πώς στις μικροκυματικές συχνότητες (GHz);

ΚΕΦ 05. Στοιχεία Οπτικών Ζεύξεων

- 5.1 Δώστε το διάγραμμα βαθμίδων μιας οπτικής ζεύξης.
- 5.2 Για ποιό λόγο χρησιμοποιούνται πολύτροπες οπτικές ίνες βαθμιαίου δείκτη διάθλασης; Με ποιόν τύπο ίνας μπορεί να εξαιρεθεί τελείως το βασικό πρόβλημα της διατροφικής διασποράς που προκαλείται κατά τη διάδοση φωτός σε αυτές; Δείξτε σχηματικά πώς επηρεάζεται στον χρόνο ένας παλμός που εισέρχεται σε κάθε μία από τις ίνες αυτές.
- 5.3 Τι (ποιοτική) επίπτωση θα είχε σε μία οπτική ζεύξη η χρήση φωτός στο ορατό φάσμα όσον αφορά την επιβαλλόμενη ποινή ισχύος και γιατί;
- 5.4 Αν μία οπτική ίνα έχει συντελεστή εξασθένισης 0.3 dB/Km, ποια είναι η απόσταση στην οποία η ισχύς μειώνεται στο 1% της εισερχόμενης τιμής της;
- 5.5 Πώς χρησιμοποιούνται σε μια οπτική ζεύξη οι οπτικοί ενισχυτές; Πόσες τέτοιες ενισχυτικές βαθμίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τυπικά σε διάταξη αλυσίδας και ποια είναι η απόσταση της μίας από την άλλη;
- 5.6 Κατά πόσες φορές θα μειωθεί εξαιτίας της χρωματικής διασποράς το μέγιστο δυνατό μήκος μίας οπτικής ζεύξης όταν ο ρυθμός δεδομένων της τετραπλασιαστεί (υποθέτοντας παλμούς μη επιστροφής στο μηδέν);
- 5.7 Τι σημαίνουν τα αρχικά του τύπου ίνας 'DCF', για ποιό λόγο και πώς χρησιμοποιείται αυτή;
- 5.8 Τι σημαίνουν τα αρχικά 'FTTH';

ΚΕΦ 06. Τοπικά Δίκτυα (LAN) και Δίκτυα Εκτεταμένης Περιοχής (WAN)

-

ΚΕΦ 07. Σχεδιασμός μιας Ασύρματης Ζεύξης

- 7.1 Σχεδιάστε σε κατάλληλο διάγραμμα με κλίμακες σε dB τη χαρακτηριστική της βασικής συχνότητας και τη χαρακτηριστική των προϊόντων ενδιαδιαμόρφωσης τρίτης τάξης για μια διάταξη (π.χ. ενισχυτή) και σημειώστε τη γραμμική δυναμική περιοχή και την ελεύθερη παρασιτικών σημάτων δυναμική περιοχή. Ποια είναι μεγαλύτερη και γιατί;
- 7.2 Ποια είναι η διαδικασία με την οποία υπολογίζουμε το σημείο τομής τρίτης τάξης (IP3) μιας σε σειρά συνδεσμολογίας διατάξεων όταν γνωρίζουμε τις επιμέρους τιμές των διατάξεων της συνδεσμολογίας;
- 7.3 Πως μεταφέρουμε μια τιμή IP3 μιας διάταξης (α) στην αρχή της συνδεσμολογίας και (β) στο τέλος της συνδεσμολογίας;

Σύνθετες ερωτήσεις

- α) Σχεδιάστε την τοπολογία ενός συστήματος μιας ασύρματης ζεύξης που αποτελείται από δύο πομποδέκτες τοποθετημένους σε απόσταση r , έτσι ώστε να ορίζονται η άνω (up-link) και κάτω-ζεύξη (down-link): πομπός (Tx)-κεραία-μέσο διάδοσης-δέκτης (Rx).

β) Επιλέξτε ένα συγκεκριμένο σύστημα (π.χ. DCS-1800 ή 802.11b) και με τη βοήθεια διαγράμματος ορίστε τις ζώνες άνω-ζεύξης και κάτω-ζεύξης καθώς και τα κανάλια που τις αποτελούν.

γ) Επιλέξτε κατάλληλα ζεύγη καναλιών από το διάγραμμα του ερωτήματος (β) και ορίστε τις συχνότητες εκπομπής και λήψης σε κάθε στοιχείο της τοπολογίας του ερωτήματος (α) εξηγώντας την ανάγκη διαφορετικών συχνοτήτων λειτουργίας.

δ) Επαναλάβετε τα ερωτήματα (α) και (γ) για ένα σύστημα με ενδιάμεσο αναμεταδότη (Tx1/Rx1)-Αναμεταδότης (Tx2/Rx2-Tx3/Rx3) - (Tx4/Rx4).
2. Θεωρήστε μια άνω-ζεύξη, πομπός Tx₁-κεραία-μέσο διάδοσης-κεραία-δέκτης Rx₂, με τα εξής χαρακτηριστικά: Tx₁ με ισχύ εκπομπής P_{t1} , μέσο διάδοσης για απόσταση r και απώλειες A , δέκτης με ελάχιστη ανιχνεύσιμη ισχύ P_{r_min} και δύο όμοιες κεραίες με κέρδος G .

α) Δώστε την έκφραση που συνδέει τα ανωτέρω μεγέθη (σχέση Friis) σε απόλυτα μεγέθη και σε λογαριθμική κλίμακα dB-dBm.

β) Εξηγήστε ποιοτικά την εξάρτηση της ελάχιστης ανιχνεύσιμης ισχύος στο δέκτη P_{r_min} από τον τύπο διαμόρφωσης και συγκεκριμένα το ρυθμό σφαλμάτων (BER, Bit-Error-Rate) και τον αντίστοιχο ελάχιστο απαιτούμενο λόγο σήματος προς θόρυβο στην έξοδο του δέκτη $(S_0/N_0)_{min}$.

γ) Υπολογίστε την εμβέλεια $r=r_{\max}$ (μέγιστη απόσταση πομπού-δέκτη) για ένα σύστημα με $P_t=1\text{mW}$, $P_{r_{\min}}=-90\text{dBm}$ προσεγγιστικά ($\text{BER}=10^{-9}$, $(S_0/N_0)_{\min} \approx 14\text{dB}$) και κεραία με κέρδος $G = 10\text{dB}$.

δ) Εξηγήστε τη λειτουργία που εκτελεί το σύστημα ελέγχου ισχύος (Power Control).

3. Δώστε το διάγραμμα βαθμίδων (αρχιτεκτονική) της τοπολογίας ενός υπερετερόδυνου πλήρως αμφίδρομου πομποδέκτη και εξηγήστε τη λειτουργία που εκτελεί κάθε βαθμίδα. Αναλυτικά αναφερθείτε στα εξής:

α) Σχεδιάστε την επιθυμητή απόκριση των ζωνοπερατών φίλτρων διακλάδωσης (branching filters) σε ένα διάγραμμα αντίστοιχο με αυτό του ερωτήματος 1(β). Γιατί οι απώλειες που εισάγει το φίλτρο στη ζώνη διέλευσης πρέπει να είναι χαμηλές (μικρότερες από 1dB);

β) Προσδιορίστε τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του ενισχυτή χαμηλού θορύβου (LNA, Low Noise Amplifier). Για το σκοπό αυτό μελετούμε το δείκτη θορύβου δύο διατάξεων (όπου το ελάχιστο εύρος της αλυσίδας είναι $B=B_{\text{noise}} \approx B_{\text{IF}}$) ως εξής:

i) Αλυσίδα ενισχυτή LNA: με δείκτη θορύβου F_A και κέρδος G_A εν σειρά με μίκτη: απώλειες μετατροπής LM (δείκτης θορύβου $F_M \approx L$ και κέρδος $G_M=1/L$). Βρείτε τον ισοδύναμο δείκτη θορύβου F_{12} .

ii) Αλυσίδα αποτελούμενη από: φίλτρο διακλάδωσης με απώλειες εισαγωγής L_F (δείκτης θορύβου $F_F \approx L_F$ και κέρδος $G_F=1/L_F$) ακολουθούμενο από LNA και μίκτη με χαρακτηριστική όπως του ερωτήματος (βι).

γ) Εξηγήστε τη λειτουργία που εκτελεί ένα μίκτης απαντώντας στα ακόλουθα ερωτήματα:

i) Θεωρήστε σήμα εισόδου στο μίκτη $v_{\text{in}}(t)=A\cos(2\pi f_p t)$ και οδήγηση από τοπικό ταλαντωτή $v_{\text{LO}}(t)=B\cos(2\pi f_s t)$, προσδιορίστε τα σήματα στην έξοδο του μίκτη $v_{\text{out}}(t)=f(v_{\text{LO}}) \cdot v_{\text{in}}(t)$. Προσεγγιστικά $v_{\text{out}}(t) \approx g_0 + g_1(v_{\text{in}} + v_{\text{LO}}) + g_2(v_{\text{in}} + v_{\text{LO}})^2$. Σχεδιάστε προσεγγιστικά το φάσμα εισόδου και το φάσμα εξόδου του μίκτη. Προσδιορίστε τα χρήσιμα προϊόντα εξόδου καθώς και τα ανεπιθύμητα προϊόντα δεύτερης και τρίτης τάξης. Ποιο από τα δύο τελευταία είναι δύσκολο να απορριφθεί και γιατί;

ii) Θεωρήστε ότι το ζωνοπερατό φίλτρο στην είσοδο του μίκτη επιλέγεται έτσι ώστε να επιλέγει το προϊόν εξόδου $f_s - f_p = f_0$ και προσδιορίστε τους συνδυασμούς συχνοτήτων f_s και f_p που δίνουν την ίδια f_0 . Υπάρχει κάποιος τρόπος αποφυγής ανεπιθύμητων λειτουργιών μίξης;

iii) Πάρτε δεδομένες τις ζώνες συχνοτήτων λειτουργίας του συστήματος κινητής τηλεφωνίας GSM-900 και επιλέξτε ζεύγη συχνοτήτων για την άνω- και κάτω-ζεύξη. Με βάση αυτά για το σήμα εισόδου στο μίκτη του δέκτη ορίστε $f_s = f_{\text{RF1}}$; και το σήμα εξόδου στο μίκτη του πομπού $f_0 = f_{\text{RF2}}$; Για τον κάθε ένα από τους δύο μίκτες επιλέξτε την κατάλληλη ενδιάμεση συχνότητα (μίκτης δέκτη: $f_0 = f_{\text{IF1}}$; και μίκτης πομπού $f_s = f_{\text{IF2}}$;). Αντίστοιχα προσδιορίστε τις αντίστοιχες συχνότητες τοπικού ταλαντωτή f_{LO1} ;, f_{LO2} ;

iv) Με τη βοήθεια των ανωτέρω (i, ii, iii) σχεδιάστε ένα ποιοτικό φάσμα σημάτων (με εύρος B) στην είσοδο και έξοδο του μίκτη ενός δέκτη. Στο φάσμα εισόδου τοποθετείστε τη συχνότητα τοπικού ταλαντωτή και προσδιορίστε τις φασματικές περιοχές που απεικονίζονται στην επιθυμητή ζώνη εξόδου που έχει κέντρο την f_{IF} και τα υπεύθυνα προϊόντα μίξης. Με βάση αυτά εξηγήστε την ανάγκη ύπαρξης φίλτρου ειδώλου (στη

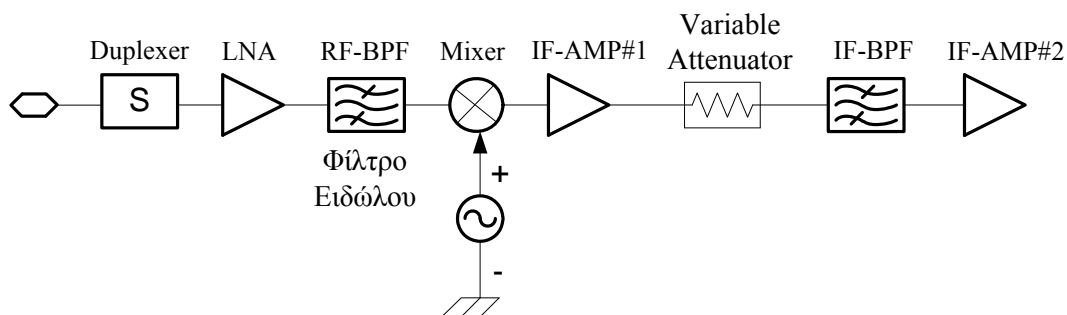
συχνότητα $f_{\text{image}}=;$) καθώς και τον τύπο του. Υπάρχει ειδική περίπτωση όπου να παίζει το ρόλο αυτό το φίλτρο διακλάδωσης;

v) Προσδιορίστε τις στάθμες ισχύος εξόδου ενός τοπικού ταλαντωτή ($P_{LO}=;$) που οδηγεί μίκτη υλοποιούμενο από μια ($P_{1\Delta}$), δύο ($P_{2\Delta}$), τέσσερις ($P_{4\Delta}$) και οκτώ ($P_{8\Delta}$) διόδους. Συγκρίνετε τη στάθμη αυτή με την ελάχιστη ισχύ στην είσοδο ενός δέκτη ($P_{r_min} = -90 \text{ dBm}$) και εξηγήστε το πρόβλημα με το θόρυβο τοπικού ταλαντωτή (θόρυβος φάσης). Για το σκοπό αυτό θεωρήστε στο ερώτημα (γi) σήμα τοπικού ταλαντωτή $v_{LO}(t) = B \cos[2\pi f_{LO}t + n(t)]$ και παρατηρήστε πώς ο θόρυβος $n(t)$ εμφανίζεται στα επιθυμητά προϊόντα μίξης.

vi) Για έναν ενισχυτή υψηλής ισχύος (στην έξοδο του πομπού) σχεδιάστε τη λογαριθμική χαρακτηριστική ισχύος εξόδου $P_{out}(\text{dBm})$ συναρτήσει της ισχύος εισόδου $P_{in}(\text{dBm})$. Παρατηρήστε το φαινόμενο κορεσμού και ορίστε το σημείο συμπίεσης του κέρδους 1dB, $PGC_{1\text{dB}}$ (Power Gain Compression-1dB). Γράψτε την έκφραση $P_{out} = P_{in} \cdot G$ σε dB και εξηγήστε γιατί η καμπύλη αυτή έχει κλίση 1:1. Στο ίδιο διάγραμμα σχεδιάστε ποιοτικά την απόκριση των προϊόντων ενδοδιαμόρφωσης IM2: 2ης τάξης και IM3: 3ης τάξης και εξηγήστε τις κλίσεις τους 2:1 και 3:1 αντίστοιχα. Προσέξτε ότι και τα προϊόντα IM2 και IM3 (IM, InterModulation product) μπαίνουν σε κορεσμό. Σχεδιάστε την ιδεατή γραμμική επέκτασή τους και ορίστε τα σημεία τομής των προϊόντων 2ης και 3ης τάξης με την ιδεατή γραμμική επέκταση της θεμελιώδους ($P_{out}-P_{in}$) ως $P_{IP2}(\text{dBm})$ και $P_{IP3}(\text{dBm})$ (όπου IP: Intercept Point).

vii) Δίνεται ένας ενισχυτής ισχύος (τύπου AR 2098) με κέρδος $G=10.8 \text{ dB}$, $PGC_{1\text{dB}} = 30\text{dBm}$, $P_{IP2} = 55\text{dBm}$ και $P_{IP3} = 42\text{dBm}$. Σχεδιάστε τις ανωτέρω χαρακτηριστικές $P_{out}-P_{in}$ και IM2, IM3 και προσδιορίστε την ισχύ εξόδου P_{out} όταν η ισχύς εισόδου είναι $P_{in}=10, 0, -10\text{dBm}$.

4. Δίνεται η αλυσίδα των βαθμίδων λήψης που φαίνεται στο σχήμα. Εάν η ισχύς εισόδου είναι $P_{in} = -90\text{dBm}$, υπολογίστε στην έξοδο κάθε βαθμίδας, το ολικό κέρδος $G(\text{dB})$, τον ολικό δείκτη θορύβου $NF_i(\text{dB})$, τον ολικό λόγο σήματος προς θόρυβο $SWR(\text{dB})$, την ολική ισχύ $P_i(\text{dBm})$ καθώς και το αντίστοιχο σημείο τομής 3ης τάξης $P_{IP3i}(\text{dBm})$. Δώστε τα αποτελέσματα σε μορφή πίνακα και σχολιάστε σχετικά.



Πίνακας 1. Δεδομένα στοιχεία κάθε βαθμίδας-ι

Στοιχείο (i)	<i>Duplexer</i> (1)	<i>LNA</i> (2)	<i>RF-BP1</i> (3)	<i>Mixer</i> (4)	<i>IF-AMP#1</i> (5)	<i>Attenuator</i> (6)	<i>IF-BPF</i> (7)	<i>IF-AMP#2</i> (8)
Κέρδος βαθμίδας	-3	30	-2.7	-8.5	10	$-N_A$	$-N_F$	10

G_i (dB)								
Δείκτης θορύβου βαθμίδας NF_i (dB)	2.7	1	2.7	9.0	4.5	N_A	N_F	4.5
Σημείο συμπίεσης κέρδους 1dB PGC_{1dB} (dBm)	∞	15	∞	20	17	∞	∞	25
Σημείο τομής 3 ^{ης} τάξης P_{IP3} (dBm)	∞	25	∞	30	27	∞	∞	35

N_A = τελευταίο ψηφίο ΑΦΜ σας + 1 και N_F = $[1.5 + 0.15 \times (\text{τελευταίο ψηφίο ΑΦΜ σας})]$ dB

Πίνακας 2. Αποτελέσματα: Συνολικές τιμές στην έξοδο κάθε βαθμίδας.

Στοιχείο (i)	<i>Duplexer</i> (1)	<i>LNA</i> (2)	<i>RF-BP1</i> (3)	<i>Mixer</i> (4)	<i>IF-AMP#1</i> (5)	<i>Attenuator</i> (6)	<i>IF-BPF</i> (7)	<i>IF-AMP#2</i> (8)
Κέρδος G_t (dB)								
Δείκτης θορύβου NF_t (dB)								
Σημείο συμπίεσης κέρδους 1dB $PGC_{1dB,t}$ (dBm)								
Σημείο τομής 3 ^{ης} τάξης $P_{IP3,t}$ (dBm)								
Ολική ισχύς P_t (dBm)	-93							
Ολικός SNR _t (dB)	16.7							

Ισχύς εισόδου $P_{in} = -90$ dBm

Λόγος σήματος-προς-θόρυβο στην είσοδο του δέκτη $SNR_i = 14$ dB.

