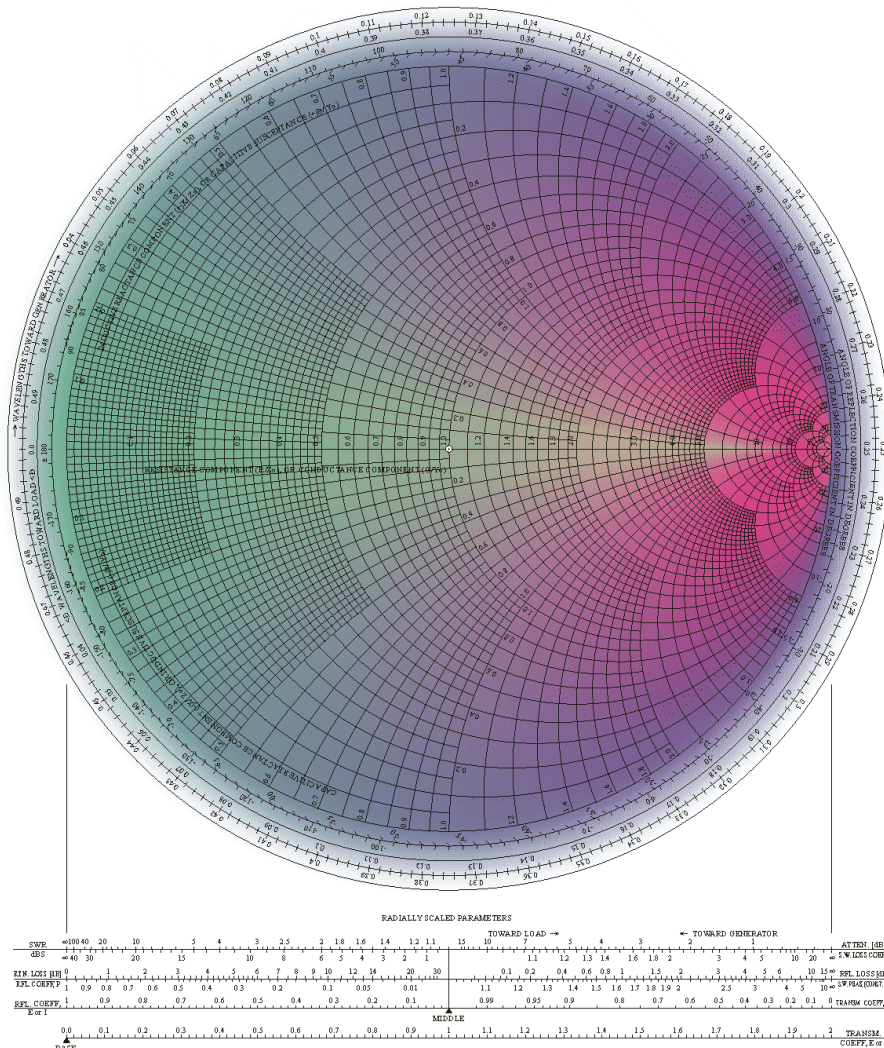


Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή,
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών,
Τομέας Τηλεπικοινωνιών

Μικροκύματα 2

Προαιρετικό Θέμα 15^ο Κεφαλαίου:

Μικροκυματικοί Ενισχυτές



Διδάσκων: Εμμανουήλ Κριεζής

Ονοματεπώνυμο φοιτητή: Χρυσοβέργης Ηλίας

A.E.M Φοιτητή: 8009

E-mail Φοιτητή: iliachry@ece.auth.gr

2 Φεβρουαρίου 2017

Μικροκύματα 2

(α.1) Αφού $S_{12} = 0$ ο συντελεστής K της εξ. (15.50α) τείνει στο άπειρο και σε συνδυασμό ότι $|Δ| = |S_{11}S_{22}| < 1$ το transistor είναι πάντα ευσταθές αφού τα μέτρα των S_{11} & S_{22} είναι μικρότερα της μονάδας. Οι μέγιστες τιμές των ενεργών συντελεστών κέρδους προκύπτουν ίσοι με $G_{S,max} = 2.286$ & $G_{L,max} = 1.5625$. Εφόσον θέλουμε κέρδος $G_T = 11$ dB και ισχύει ότι $G_0 = 6.25 \Rightarrow G_0 = 8$ dB θα επιλέξουμε τις τιμές $G_S = 2$ dB & $G_L = 1$ dB. Οπότε προκύπτει $g_S = 0.6933$ & $g_L = 0.8057$. Επομένως για τους κύκλους $G_S = 2$ dB & $G_L = 1$ dB ισχύει $C_S = 0.628 \angle 120^\circ$, $R_S = 0.293$, $C_L = 0.52 \angle 70^\circ$ & $R_L = 0.303$. Επιλέγονται τα Γ_S & Γ_L με κριτήριο την ελάχιστη απόσταση από το κέντρο του διαγράμματος Smith. Οπότε $\Gamma_S = 0.335 \angle 120^\circ$ & $\Gamma_L = 0.217 \angle 70^\circ$. Η ανάλυση που προηγήθηκε είναι αντίστοιχη με του παραδείγματος 15.7. Με χρήση του διαγράμματος Smith προκύπτει ότι :

$$l_{1,S} = 0.178\lambda, l_{2,S} = 0.102\lambda, l_{1,L} = 0.045\lambda \text{ & } l_{2,L} = 0.432\lambda$$

(α.2) Για τον υπολογισμό του κέρδους μετατροπέα σε όλο το διάστημα του ζητείται θα πρέπει να προστεθούν οι 3 διαφορετικοί όροι κέρδους όπως φαίνεται παρακάτω:

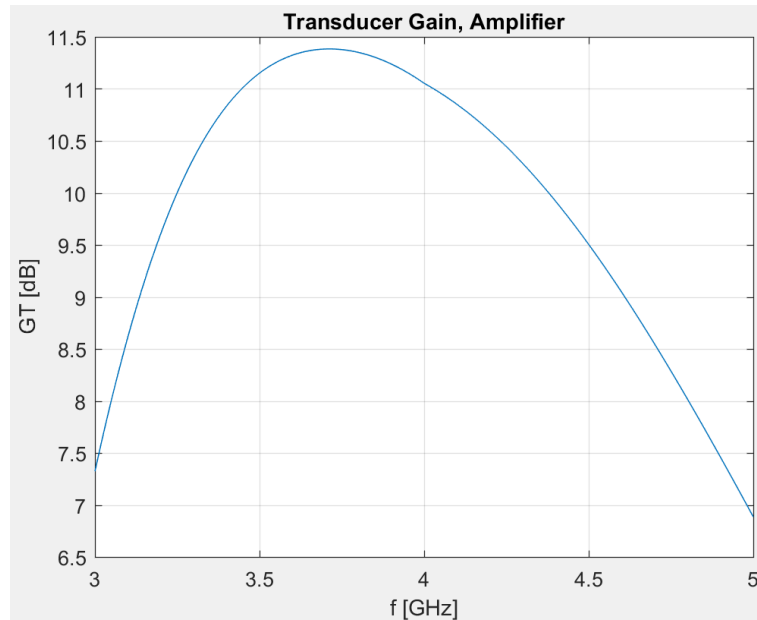
$$G_T = G_S + G_0 + G_L$$

Για το G_S θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος (15.63α), όπου το S_{11} υπολογίζεται ύστερα από γραμμική παρεμβολή των μετρήσεων στις 3 συχνότητες και το Γ_S υπολογίζοντας την αντίσταση εισόδου, βλέποντας από την είσοδο του τρανζίστορ προς τα αριστερά.

Το G_0 υπολογίζεται ύστερα από γραμμική παρεμβολή των μετρήσεων στις 3 συχνότητες.

Για το G_L θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος (15.63β), όπου το S_{22} υπολογίζεται ύστερα από γραμμική παρεμβολή των μετρήσεων στις 3 συχνότητες και το Γ_L υπολογίζοντας την αντίσταση εισόδου, βλέποντας από την έξοδο του τρανζίστορ προς τα δεξιά.

Το κέρδος μετατροπέα σε dB στο διάστημα [3, 5] GHz προκύπτει:



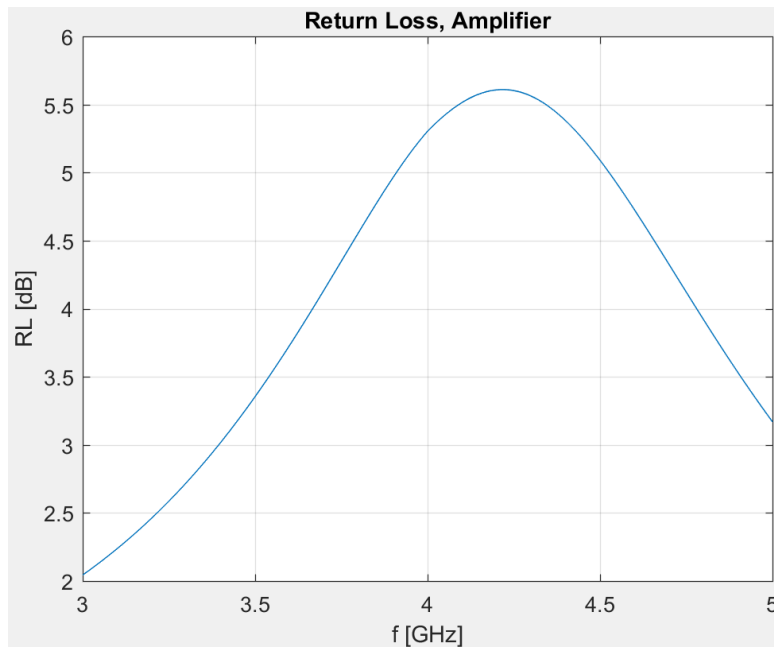
Μικροκύματα 2

(α.3) Για τον υπολογισμό των απωλειών επιστροφής θα πρέπει να βρεθεί ο συντελεστής ανάκλασης του ενισχυτή από την θύρα 1 ώστε να εφαρμοσθεί ο τύπος:

$$RL = -20\log |\Gamma|$$

Για τον υπολογισμό του Γ βρίσκουμε αρχικά την αντίσταση εισόδου του τρανζίστορ, και έπειτα χρησιμοποιώντας τους γνωστούς τύπους για τις γραμμές μεταφορές υπολογίζουμε την αντίσταση εισόδου του ενισχυτή. Αυτή μας δίνει και τον συντελεστή ανάκλασης Γ .

Οι απώλειες επιστροφής σε dB στο διάστημα [3, 5] GHz προκύπτουν:



Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε οι απώλειες επιστροφής είναι πολύ χαμηλές, κάτι που θα διορθώσουμε στο επόμενο ερώτημα.

Μικροκύματα 2

(β) Για το συγκεκριμένο πρόβλημα αρχικά πρέπει να υπολογίσουμε τον πίνακα σκέδασης του ενισχυτή. Αυτός μπορεί να υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας τους πίνακες ABCD των επιμέρους στοιχείων και μετασχηματίζοντας σε πίνακα S.

Έπειτα για την κατάστρωση των εξισώσεων ακολουθείται η μεθοδολογία που περιγράφεται στην ενότητα 9.7 του βιβλίου.

Ο πίνακας συνδεσιμότητας Γ είναι ο εξής:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Για τον υπολογισμό των τάσεων a πρέπει να έχουμε και το διάνυσμα των ανεξάρτητων πηγών c . Πρόκειται για ένα διάνυσμα 16×1 όπου μόνο το πρώτο στοιχείο είναι μονάδα και όλα τα άλλα μηδενικά.

Ισχύει ότι:

$$\alpha = W^{-1} * c$$

Όπου,

$$W = \Gamma - S$$

Ο πίνακας S δίνεται στην συνέχεια, όπου μπορεί κάποιος να παρατηρήσει τα στοιχεία των πινάκων σκέδασης των ενισχυτών καθώς και των υβριδικών 90 μοιρών:

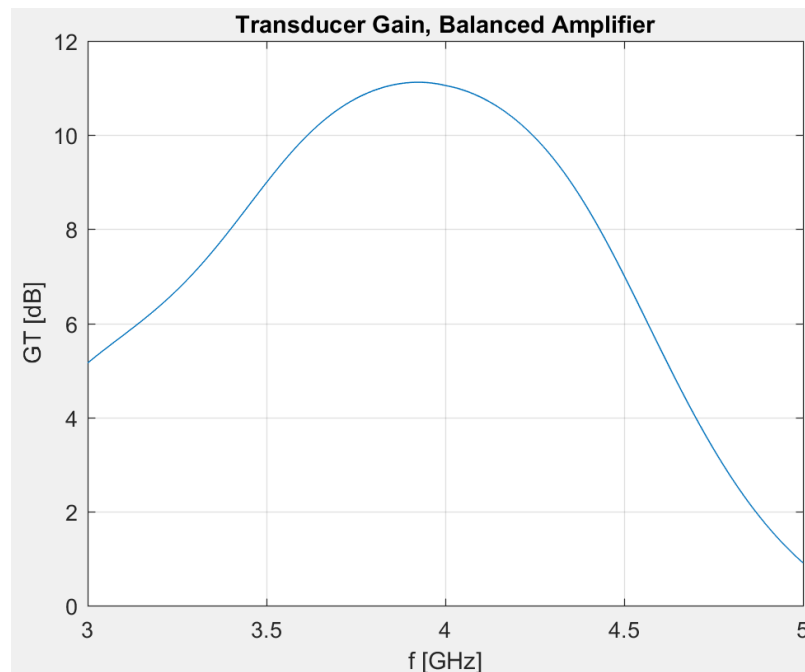
Μικροκύματα 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.000...	0.0000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
2	0.000...	-7.8505...	0.000...	-0.70...	-1.17...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
3	0.000...	0.0000...	-7.85...	-1.17...	-0.70...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
4	0.000...	-0.7071...	-1.17...	-7.85...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
5	0.000...	-1.1776...	-0.70...	0.000...	-7.85...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
6	0.000...	0.0000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.162...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
7	0.000...	0.0000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.620...	0.102...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
8	0.000...	0.0000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.162...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
9	0.000...	0.0000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.620...	0.102...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
10	0.000...	0.0000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	-7.85...	0.000...	-0.70...	-1.17...	0.000...	0.000...	0.000...
11	0.000...	0.0000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	-7.85...	-1.17...	-0.70...	0.000...	0.000...	0.000...
12	0.000...	0.0000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	-0.70...	-1.17...	-7.85...	0.000...	0.000...	0.000...
13	0.000...	0.0000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	-1.17...	-0.70...	0.000...	-7.85...	0.000...	0.000...
14	0.000...	0.0000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
15	0.000...	0.0000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
16	0.000...	0.0000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...

(β.1) Για το κέρδος μετατροπέα έχουμε:

$$G_T = 20 * \log \left| \frac{a(16)}{b(1)} \right|$$

Το κέρδος μετατροπέα για τον ισορροπημένο ενισχυτή στο διάστημα [3,5] GHz προκύπτει:



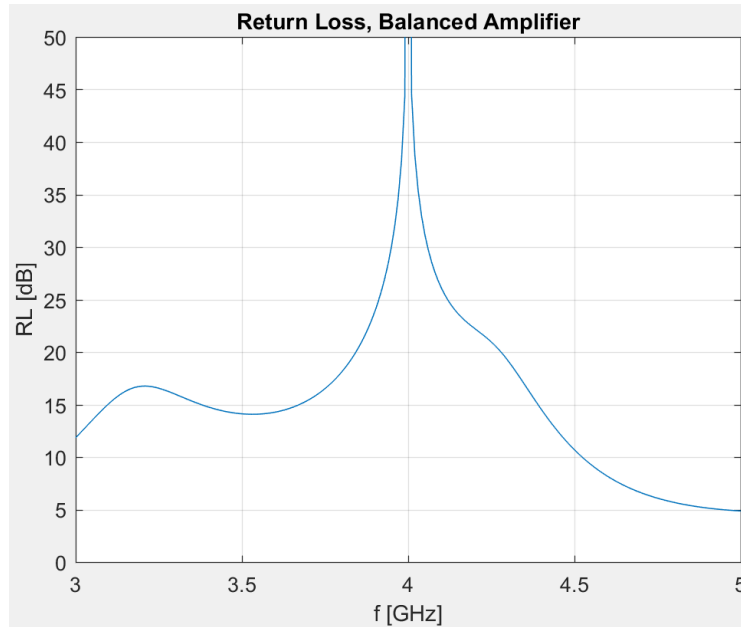
Μπορούμε να παρατηρήσουμε την μείωση της ευρυζωνικότητας ως προς το κέρδος που προκύπτει από το κύκλωμα του ισορροπημένου ενισχυτή.

Μικροκύματα 2

(β.2) Για τις απώλειες επιστροφής έχουμε:

$$RL = -20 * \log \left| \frac{a(1)}{b(1)} \right|$$

Οι απώλειες επιστροφής για τον ισορροπημένο ενισχυτή στο διάστημα [3,5] GHz προκύπτουν:



Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι υπάρχει αξιόλογη βελτίωση σε σχέση με το ερώτημα (α.3) ειδικά για τις συχνότητες γύρω από την κεντρική.

Μικροκύματα 2

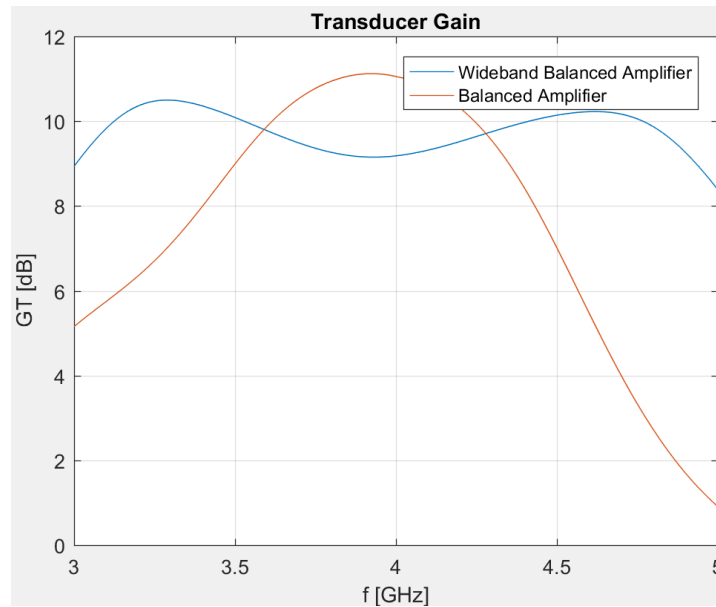
(γ.1) Για να βελτιστοποιήσουμε τον ενισχυτή ώστε να εμφανίζει όσο το δυνατόν μικρότερη διακύμανση γύρω από την τιμή των 10 dB ελαχιστοποιούμε την εξής συνάρτηση:

$$y = \sum (G_T(i) - 10)^2$$

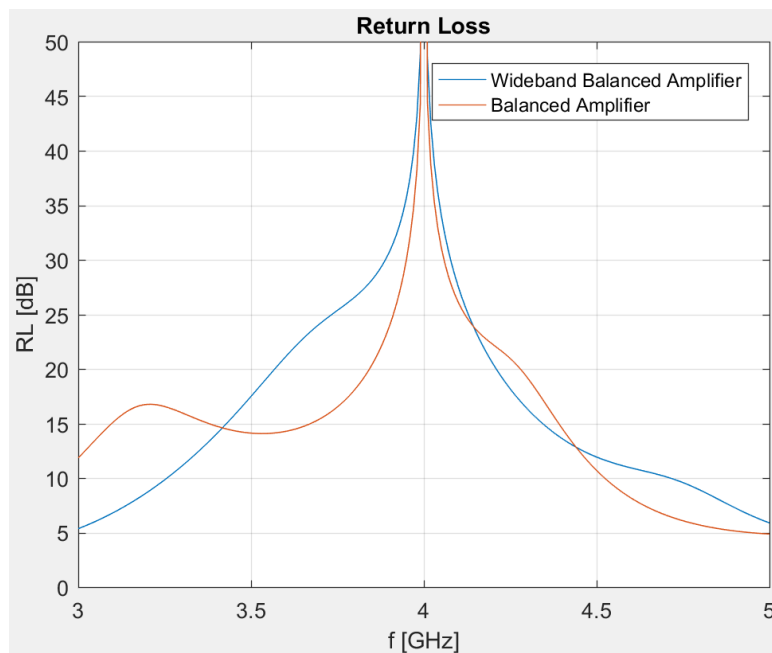
Τα μήκη που προκύπτουν είναι τα εξής:

$$l_{1,S} = 0.114, l_{2,S} = 0.11, l_{1,L} = 0.132, l_{2,L} = 0.441$$

Το διάγραμμα του κέρδους μετατροπέα δίνεται στην συνέχεια:



Το διάγραμμα των απωλειών επιστροφής δίνεται στην συνέχεια:



Μικροκύματα 2

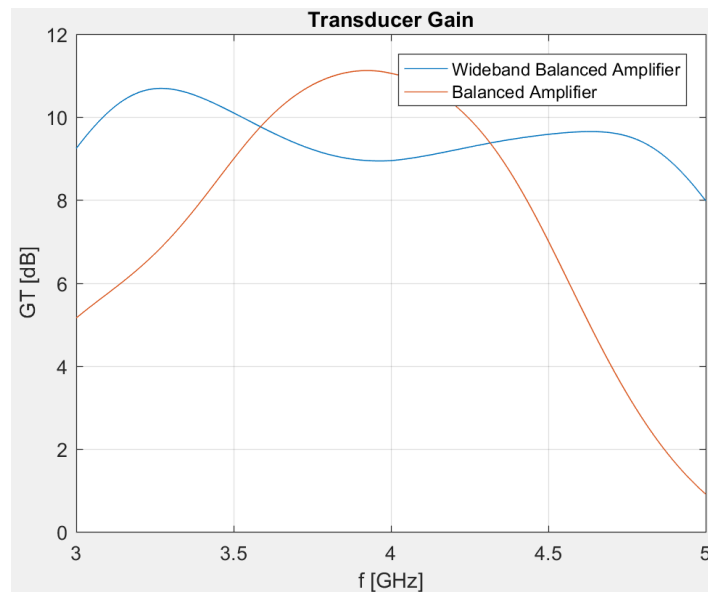
(γ.2) Για να βελτιστοποιήσουμε τον ενισχυτή ώστε να εμφανίζει όσο το δυνατόν μικρότερη διακύμανση γύρω από τα 10 dB αλλά και οι απώλειες επιστροφής να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερες ελαχιστοποιούμε την εξής συνάρτηση:

$$y = \sum [(G_T(i) - 10)^2 + 100/RL(i)]$$

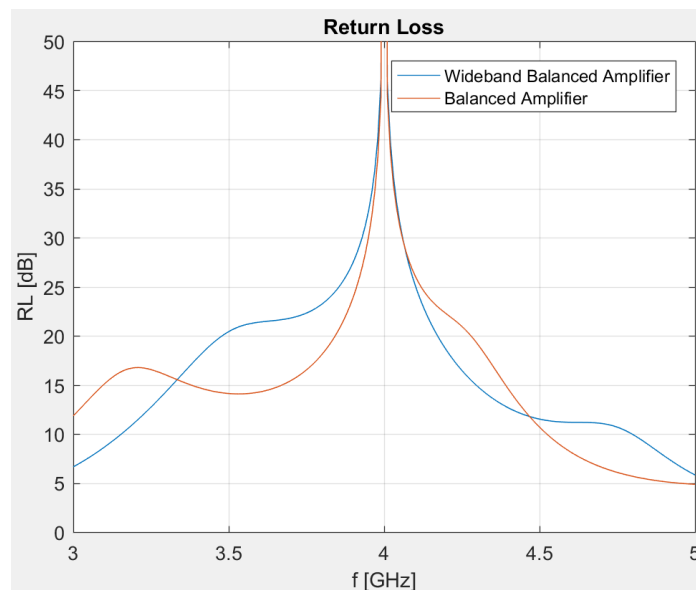
Τα μήκη που προκύπτουν είναι τα εξής:

$$l_{1,S} = 0.135, l_{2,S} = 0.06, l_{1,L} = 0.137, l_{2,L} = 0.428$$

Το διάγραμμα του κέρδους μετατροπέα δίνεται στην συνέχεια:

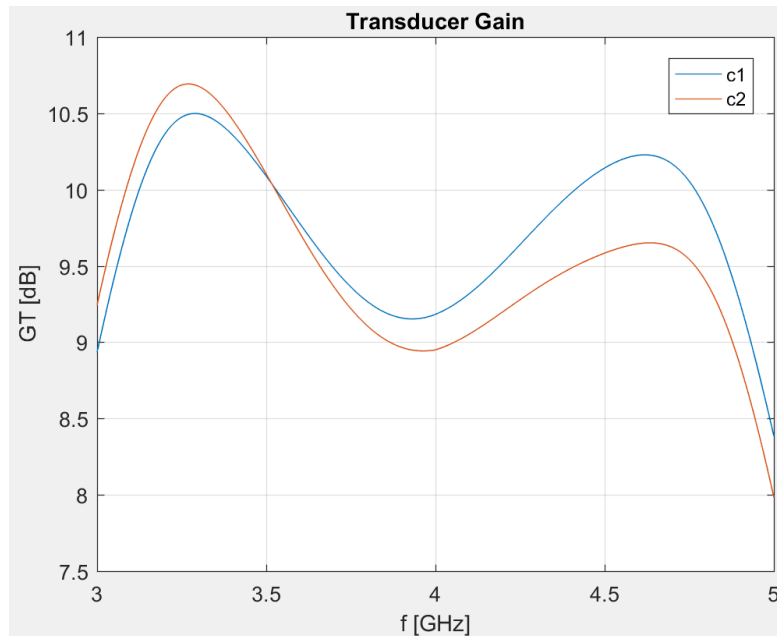


Το διάγραμμα των απωλειών επιστροφής δίνεται στην συνέχεια:

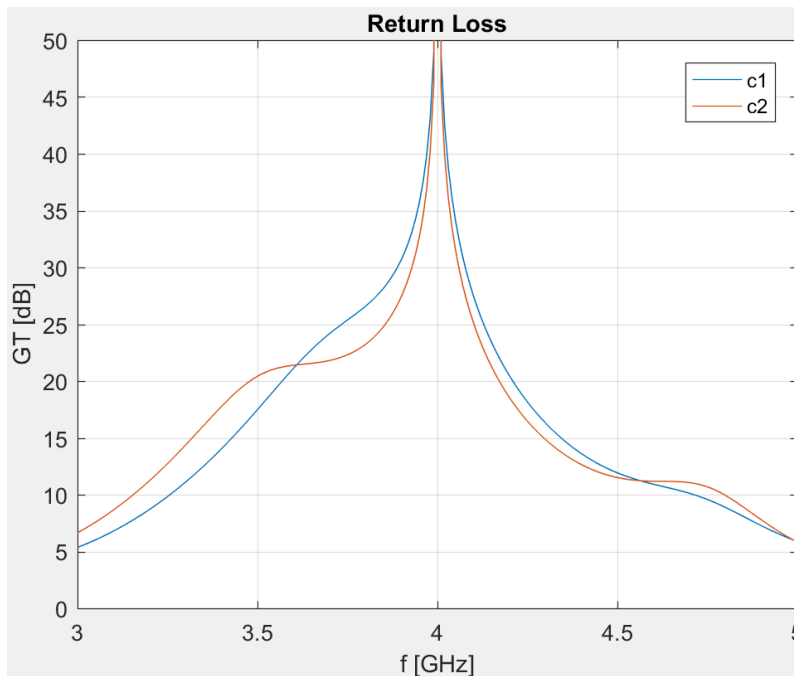


Μικροκύματα 2

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των ερωτημάτων (γ.1) και (γ.2) προκύπτουν τα εξής διαγράμματα:



Παρατηρούμε ότι το κέρδος μετατροπέα έχει μικρότερη διακύμανση γύρω από το 10 για το ερώτημα (γ.1). Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι για το δεύτερο ερώτημα έχει δοθεί ως κριτήριο στην συνάρτηση κόστους και ο συντελεστής ανάκλασης, κάτι που δεν οδηγεί σε βέλτιστη επιλογή για το κριτήριο του κέρδους μετατροπέα.



Δεν μπορούμε να διακρίνουμε μεγαλύτερες απώλειες επιστροφής για όλες τις συχνότητες. Σε αυτό παίζουν σημαντικό ρόλο οι τιμές στην γειτονιά της κεντρικής συχνότητας, οι οποίες είναι πολύ αυξημένες και εμποδίζουν την συνολική αύξηση των απωλειών επιστροφής σε όλες τις συχνότητες.