

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

5^ο Εργαστήριο : Σχεδιασμός Μικροκυματικού Μίκτη

Όνοματεπώνυμο Φοιτητή : ΑΦΜ : _____.

Ημερομηνία Παραλαβής : Ημερομηνία Παράδοσης : .

Να σχεδιαστεί μικροκυματικός μίκτης απλής διόδου. Ο σχεδιασμός θα γίνει σε υπόστρωμα Rogers με $\epsilon_r=3.38$, $\tan\delta=0.0021$ και πάχος υποστρώματος $h=0.508\text{mm}$.

Η κεντρική συχνότητα λειτουργίας του RF σήματος θα είναι $(8 + N)\text{GHz}$ (όπου N το τελευταίο ψηφίο του ΑΦΜ). Η συχνότητα IF θεωρείστε ότι είναι $(1+(N/10))\text{GHz}$.

Πίνακας 1

Beam Lead Schottky Diodes

| Applications | Part Number | VBR (V) | VF (mV) | Ct (pF) | RD (Ohm) | Configuration | Package |
|--|-------------|---------|---------|---------|----------|-------------------|----------------|
| Microwave Beam Lead Schottky Diodes | HSCH-5310 | 4 | 500 | 0.1 | 20.0 | Medium Barrier | Beam-Lead |
| | HSCH-5312 | 4 | 500 | 0.15 | 16.0 | Medium Barrier | Beam-Lead |
| | HSCH-5314 | 4 | 500 | 0.15 | 16.0 | Medium Barrier | Beam-Lead |
| | HSCH-5330 | 4 | 375 | 0.1 | 20.0 | Low Barrier | Beam-Lead |
| | HSCH-5331 | 4 | 375 | 0.1 | 20.0 | Batch Match | Beam-Lead |
| | HSCH-5332 | 4 | 375 | 0.15 | 16.0 | Series Pair | Beam-Lead |
| | HSCH-5340 | 4 | 375 | 0.1 | 20.0 | Low Barrier | Beam-Lead |
| | HSCH-5512 | 4 | 500 | 0.15 | 16.0 | Series Pair | Dual Beam Lead |
| | HSCH-5531 | 4 | 375 | 0.1 | 20.0 | Low Barrier | Dual Beam Lead |
| Beam Lead GaAs Schottky Diodes | HSCH-9101 | 4.5 | 700 | 0.04 | 12 | Single | Beam-Lead |
| | HSCH-9201 | 4.5 | 700 | 0.04 | 12 | Series Pair | Beam-Lead |
| | HSCH-9251 | 4.5 | 700 | 0.04 | 12 | Antiparallel Pair | Beam-Lead |
| | HSCH-9301 | 4.5 | 700 | 0.075 | 12 | Ring Quad | Beam-Lead |
| Zero-Bias Beam Lead GaAs Detector | HSCH-9161 | | | 0.035 | | Single | Beam-Lead |
| GaAs Schottky Microwave/ Millimeter-wave | HSCH-9401 | | 700 | 0.015 | 8.5 | Single | Chip |
| | HSCH-9501 | 4.5 | 700 | 0.05 | 6 | Series Pair | Chip |
| | HSCH-9551 | | 700 | 0.05 | 6 | Antiparallel Pair | Chip |

1. Επιλέξτε την κατάλληλη μικροκυματική δίοδο Schottky (BeamLeadSchottkyDiode). Η επιλογή θα γίνει σύμφωνα με τα παρακάτω.
 - Για N άρτιο Δίοδος HSCH-5315
 - Για N περιττό Δίοδος HSCH-5319
2. Σχεδιάστε τα αντίστοιχα γραμμικά ισοδύναμα κύκλωμα στο ADS για την κατάσταση on (1mA αυτοπόλωση) και off (3mA αυτοπόλωση) και συγκρίνετε την απόκριση του με αυτή που δίνεται στα DataSheet των διόδων.
3. Υπολογίστε την αντίσταση εισόδου στις δυο καταστάσεις (on, off) και βρείτε την υπερβολική μέση τιμή της σύνθετης αντίστασης της διόδου.
4. Υπολογίστε την συχνότητα τοπικού ταλαντωτή. Σχεδιάστε το κύκλωμα προσαρμογής για την κεντρική RF συχνότητα χρησιμοποιώντας

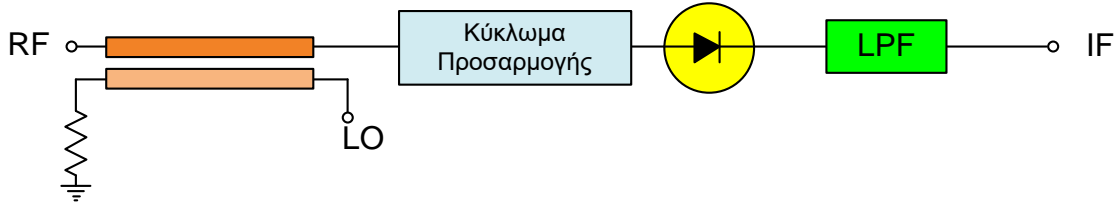
βραχυκυκλωμένο stub μήκους $\lambda/4$ στη συχνότητα f_{LO} . (Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε βοηθητικά το πρόγραμμα Smith για τα κυκλώματα προσαρμογής.) Δώστε την απόκριση της διόδου μετά την προσαρμογή.

5. Να σχεδιαστεί συζεύκτης συζευγμένων γραμμών για τον συνδυασμό του σήματος RF με το σήμα του τοπικού ταλαντωτή. Ο συντελεστής σύζευξης να είναι $C = (3 + (N/2))$ dB. Σε ποιες θύρες θα τοποθετηθεί το σήμα RF, το LO και η δίοδος; Ποια είναι η τιμή του συντελεστή σύζευξης και του συντελεστή απομόνωσης που πετύχατε;
6. Να σχεδιαστεί χαμηλοπερατό φίλτρο βηματικής αντίστασης με συχνότητα $f_c = f_{IF}$. Το φίλτρο θα είναι 7ης τάξης και μπορείτε να επιλέξετε είτε τύπου Chebysev είτε τύπου Butterworth.

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΛΥΣΗΣ

Σκοπός της παρούσας άσκησης είναι να σχεδιάσουμε μικροκυματικόμίκτη που λειτουργεί με κεντρική συχνότητα τα $f_k = 10 \text{ GHz}$. Η συχνότητα IF είναι ίση με: $f_{IF} = 1.2 \text{ GHz}$. Ο μίκτης υλοποιείται με δίοδο *HSCH-5315*.

Το διάγραμμα ενός μίκτη φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

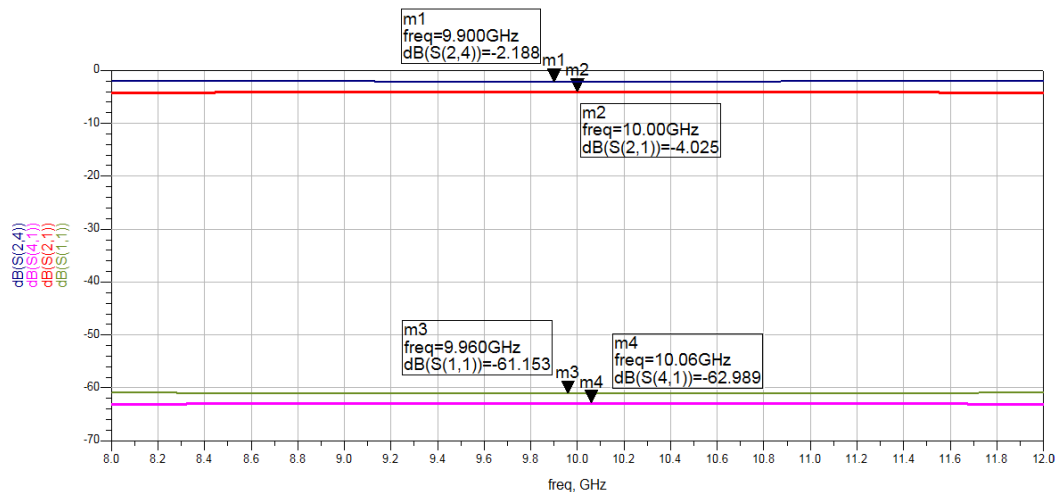
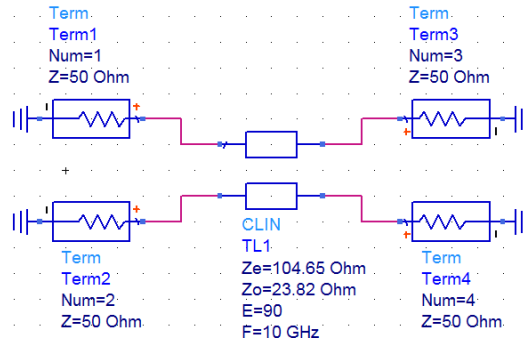


Αρχικά θα υπολογίσουμε τα χαρακτηριστικά του συζεύκτη:

Πρέπει να υπολογίσουμε τις αντιστάσεις άρτιου και περιττού ρυθμού του συζεύκτη. Ο συντελεστής σύζευξης ισούται με $C_{dB} = 4 \text{ dB} \Rightarrow C = 0.63$. Έχουμε:

$$Z_{0e} = Z_0 \sqrt{\frac{1+C}{1-C}} = 104.65 \Omega$$

$$Z_{0o} = Z_0 \sqrt{\frac{1-C}{1+C}} = 23.82 \Omega$$

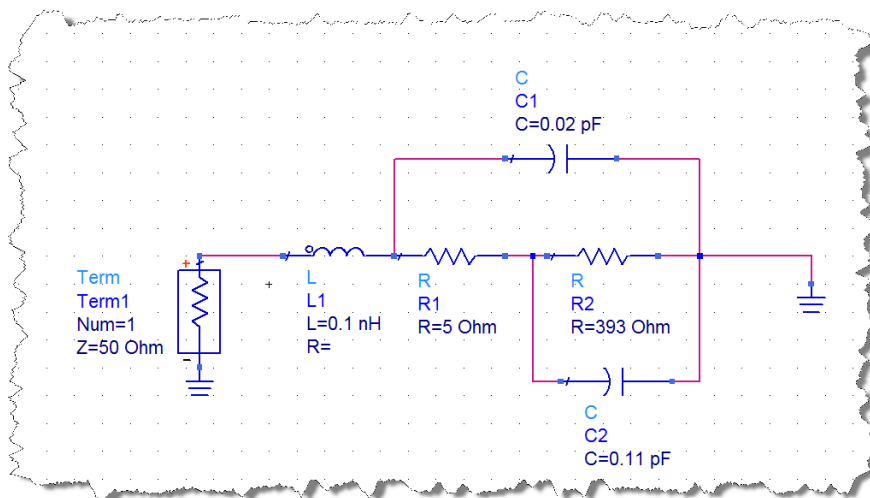


Υπολογίζουμε την αντίσταση εισόδου της διόδου :

Η αντίσταση εισόδου Z_m της διόδου είναι η υπερβολική μέση τιμή της αντίστασης εισόδου της διόδου σε δύο καταστάσεις: στην κατάσταση αγωγής ON και στην κατάσταση αποκοπής OFF.

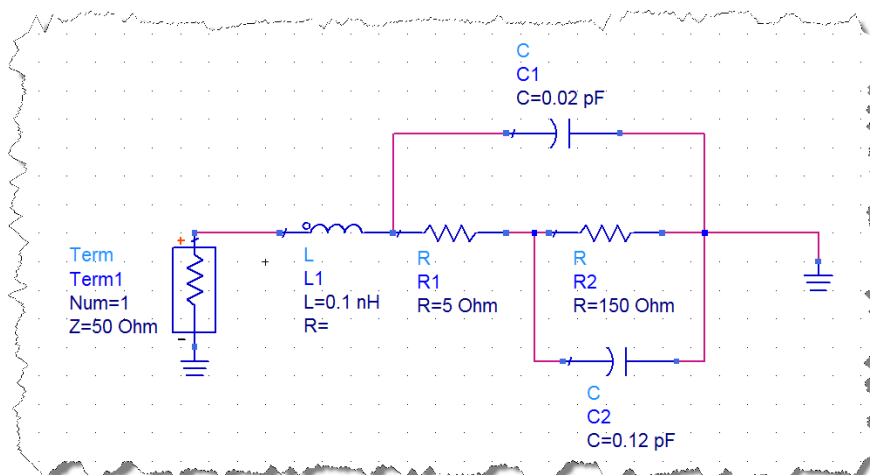
Ο υπολογισμός της αντίστασης εισόδου θα γίνει με προσομοίωση ενός μοντέλου για τη δίοδο στις δύο καταστάσεις.

Για την κατάσταση OFF έχουμε:



Βρίσκουμε : $Z_{OFF} = 38.45 - 105.71i$

Για την κατάσταση ON έχουμε:



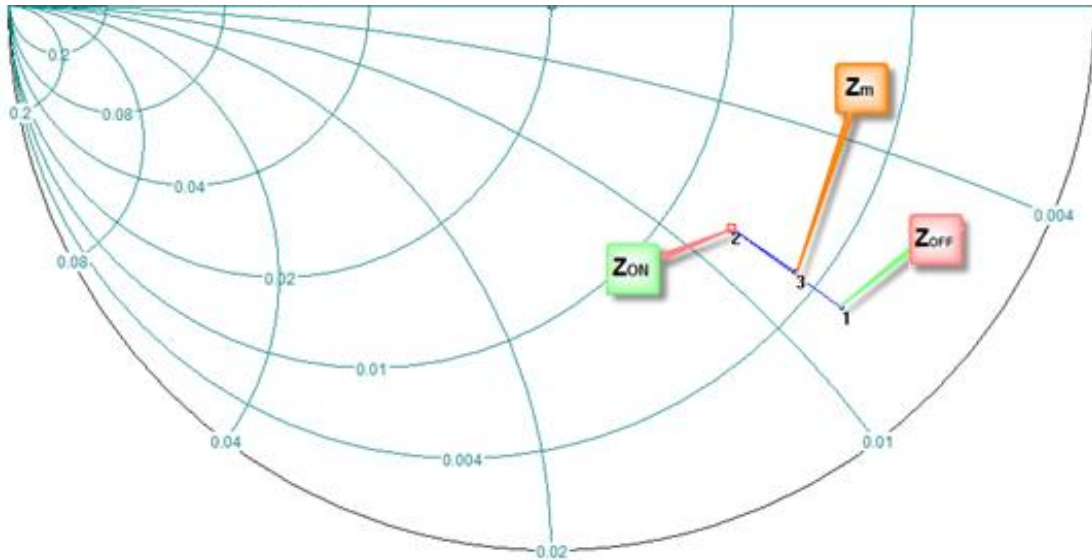
Βρίσκουμε : $Z_{ON} = 58.83 - 66.57i$

Στη συνέχεια βρίσκουμε τον υπερβολικό μέσο όρο των Z_{ON} και Z_{OFF} .

$$Z_m = R_m + jX_m, \quad \text{όπου} \quad R_m = \sqrt{R_{ON} \cdot R_{OFF} \left[1 + \left(\frac{X_{ON} - X_{OFF}}{R_{ON} + R_{OFF}} \right)^2 \right]} = 51.27$$

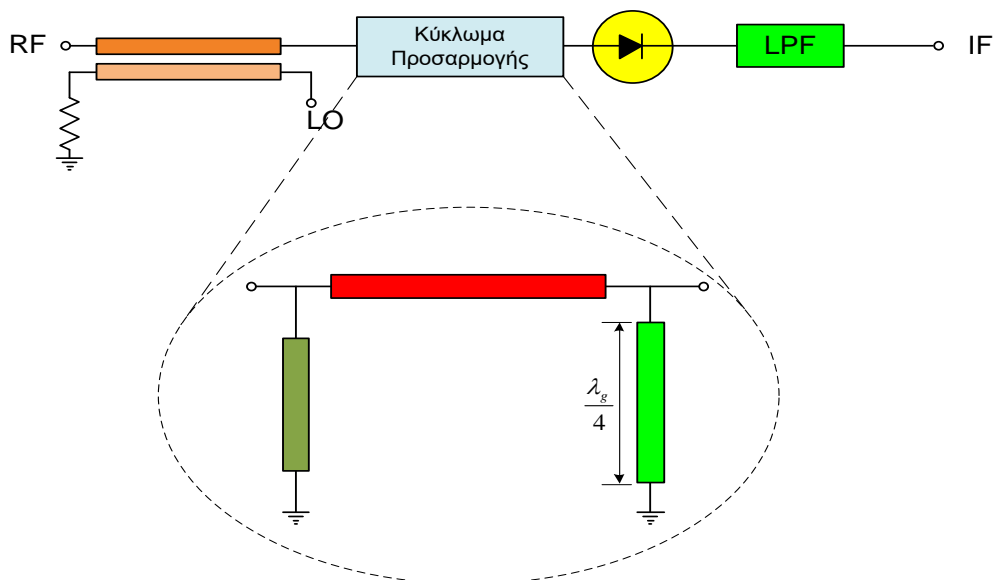
$$X_m = X_{ON} + R_{ON} \frac{X_{OFF} - X_{ON}}{R_{ON} + R_{OFF}} = -90.24$$

Άρα: $Z_m = 51.27 - 90.24i \Omega$



Σε αυτό το στάδιο θα σχεδιάζουμε το κύκλωμα προσαρμογής:

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα χρειαζόμαστε ένα stub $\lambda_g/4$, επομένως πρέπει να υπολογίσουμε το λ_g



$$f_{LO} = f_{RF} + f_{IF} = 10 + 1.2 = 11.2 \text{ GHz}$$

$$\lambda_{gLO} = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_{r_{eff}}}} = \frac{c}{f_{LO} \sqrt{\epsilon_{r_{eff}}}} = \frac{300}{11200 \sqrt{2.67}} = 0.0164 \text{ m} \quad \text{ή} \quad 16.4 \text{ mm}$$

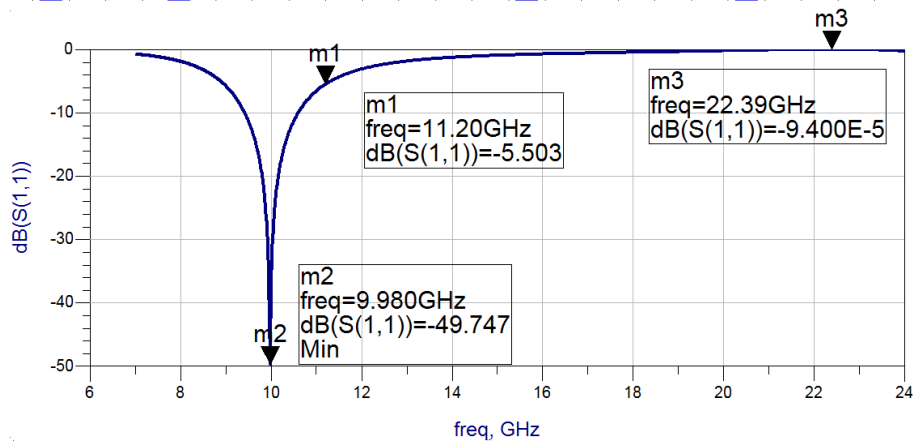
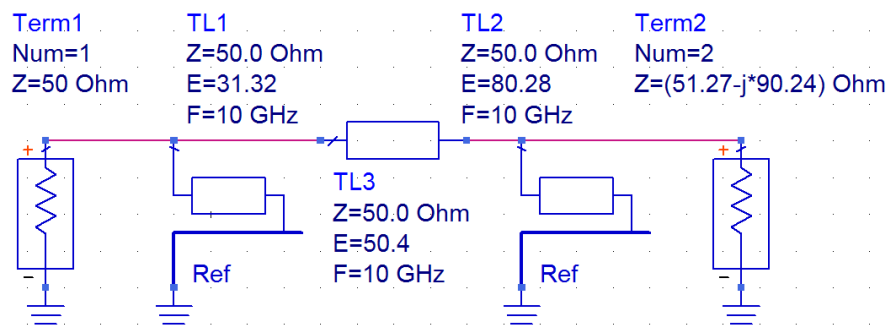
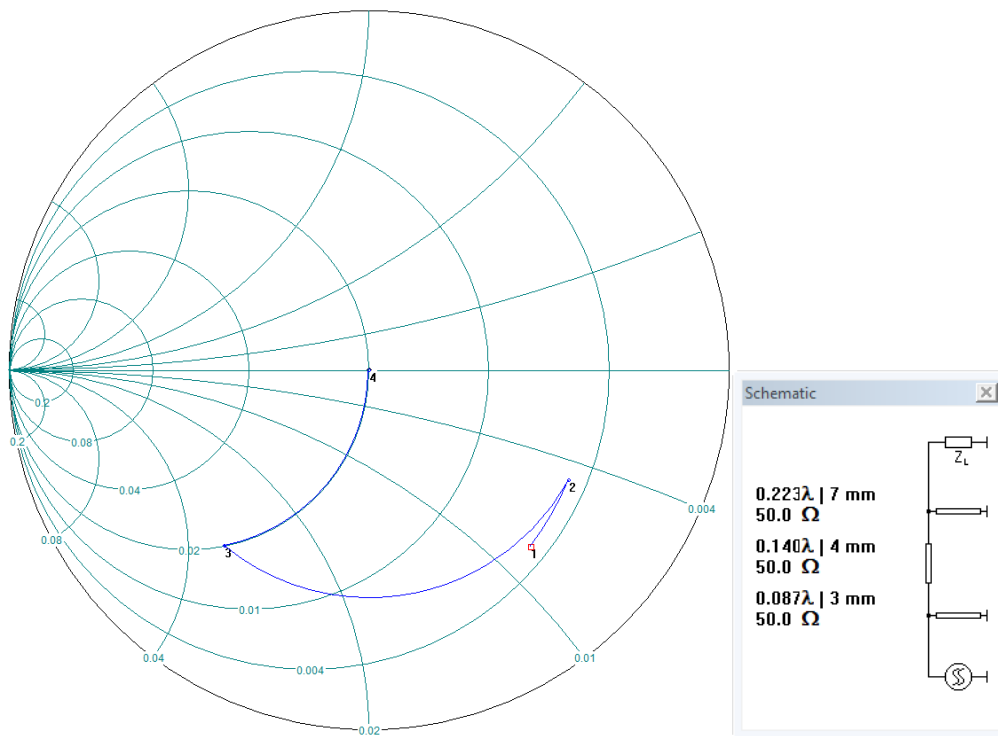
Επομένως: $\frac{\lambda_{g_{LO}}}{4} = 4.1 \text{ mm}$

$$\lambda_{g_{RF}} = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_{r_{eff}}}} = \frac{c}{f_{RF} \sqrt{\epsilon_{r_{eff}}}} = \frac{3}{100\sqrt{2.67}} = 0.0184 \text{ m} \quad \eta \quad 18.4 \text{ mm}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\lambda_{g_{LO}}}{4} \\ \lambda_{g_{RF}} \end{array} \right\} \frac{\lambda_{g_{LO}}}{4} = \frac{4.1}{18.4} = 0.223$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{\lambda_{g_{LO}}}{4} = 0.223 \cdot \lambda_{g_{RF}}}$$

Έτσι έχουμε την παρακάτω προσαρμογή:



Τέλος, μένει να σχεδιάσουμε ένα γαμηλοπερατό φίλτρο:

Το φίλτρο έχει συχνότητα αποκοπής $f_c = 1.2 \text{ GHz}$. Είναι τύπου Butterworth τάξης 7^{ης}. Από πίνακες βρίσκουμε τις παραμέτρους :

$$\begin{aligned} g_1 &= 0.4450 & g_5 &= 1.8019 \\ g_2 &= 1.2470 & g_6 &= 1.2470 \\ g_3 &= 1.8019 & g_7 &= 0.4450 \\ g_4 &= 2.0000 \end{aligned}$$

Το φίλτρο που σχεδιάζουμε είναι ένα φίλτρο μικροταινιακών γραμμών βηματικής αντίστασης. Έτσι, επιλέγουμε $Z_h = 90 \Omega$ και $Z_l = 20 \Omega$.

Από τους τύπους της θεωρίας βρίσκουμε:

$$\begin{aligned} \beta l_1 &= g_1 \frac{Z_l}{R_0} = 0.4450 \frac{20}{50} = 10.20^\circ & \beta l_5 &= g_5 \frac{Z_l}{R_0} = 1.8019 \frac{20}{50} = 41.32^\circ \\ \beta l_2 &= g_2 \frac{R_0}{Z_h} = 1.2470 \frac{50}{90} = 39.71^\circ & \beta l_6 &= g_6 \frac{R_0}{Z_h} = 1.2470 \frac{50}{90} = 39.71^\circ \\ \beta l_3 &= g_3 \frac{Z_l}{R_0} = 1.8019 \frac{20}{50} = 41.32^\circ & \beta l_7 &= g_7 \frac{Z_l}{R_0} = 0.4450 \frac{20}{50} = 10.20^\circ \\ \beta l_4 &= g_4 \frac{R_0}{Z_h} = 2.0000 \frac{50}{90} = 63.69^\circ \end{aligned}$$

Το τελικό κύκλωμα του φίλτρου καθώς και η απόκρισή του φαίνονται παρακάτω.

