

# 033 - Διατάξεις Υψηλών Συχνοτήτων

1η Σειρά Ασκήσεων

Ιωάννης Δημουλιός

10641

Εαρινό εξάμηνο 2024

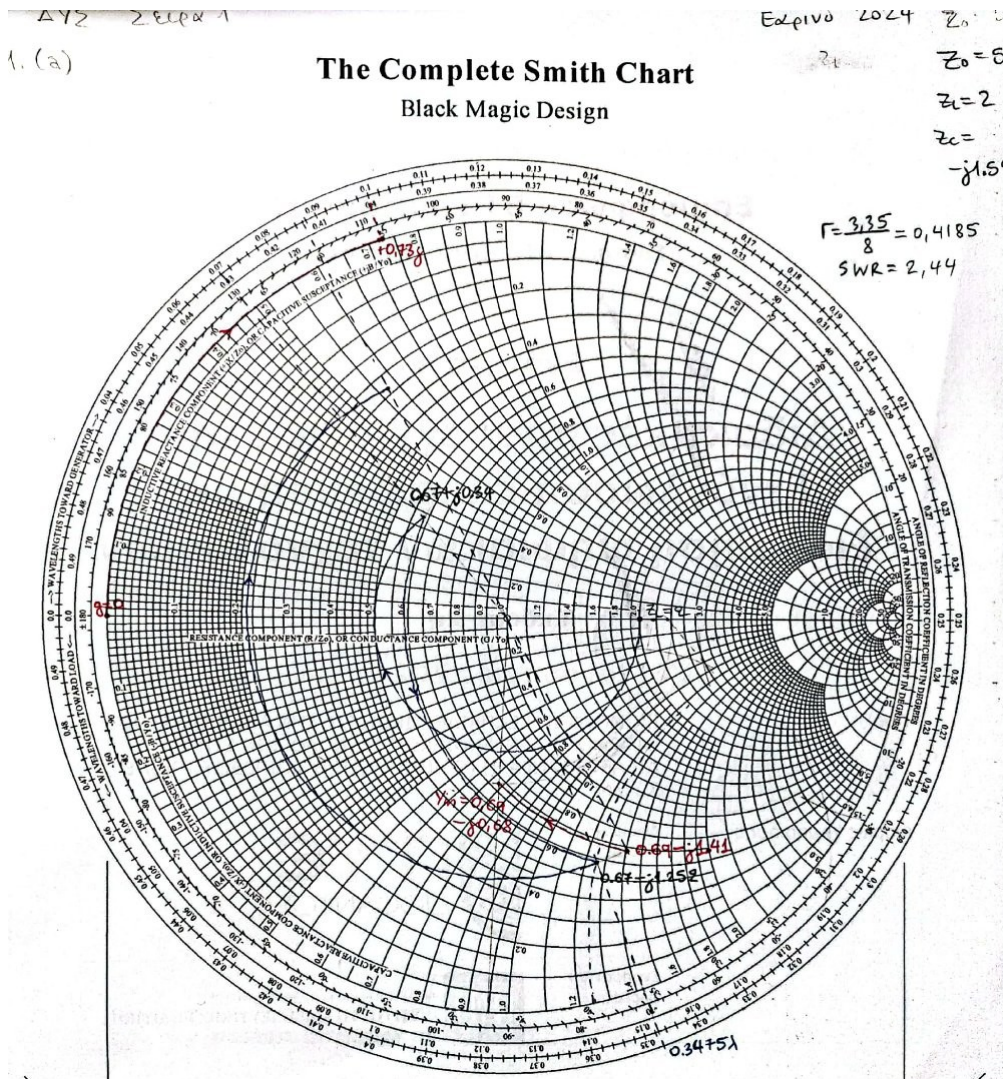
## 1.1. Ανάλυση κυκλώματος γραμμής μεταφοράς - Διάγραμμα Smith

(α) Κανονικοποιώντας ως προς  $Z_0 = 50 \Omega$ , παίρνουμε  $z_L = 2$  και

$$z_{cap} = \frac{-j}{2\pi f_0 C Z_0} = -j1.592$$

Από το διάγραμμα Smith προκύπτει:

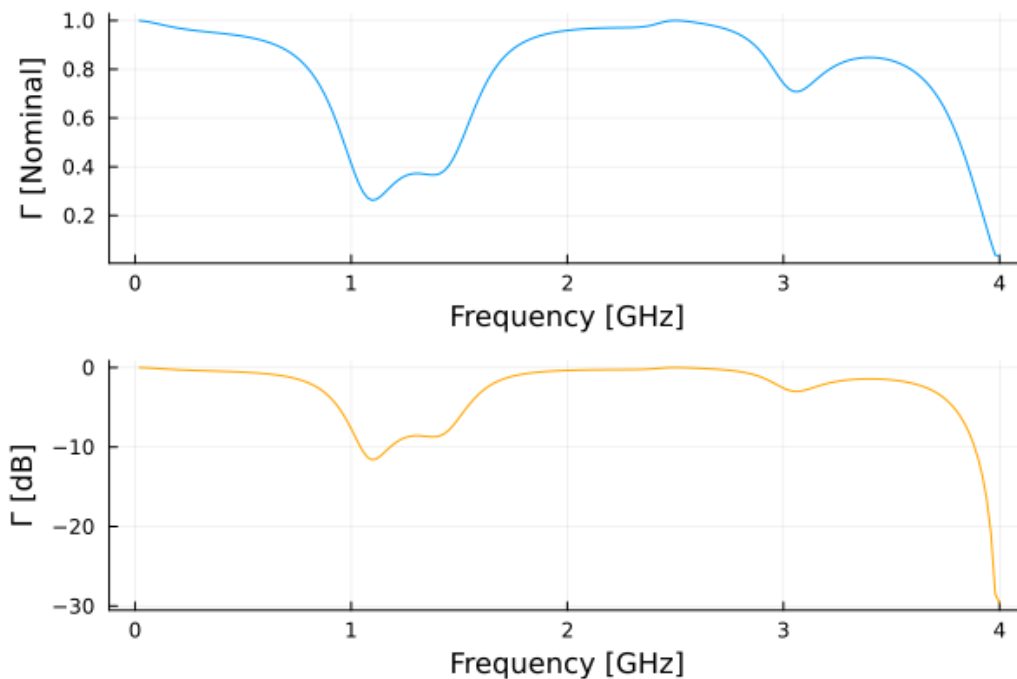
$$\Gamma = \frac{3.35 \text{ cm}}{8 \text{ cm}} = 0.4185$$
$$SWR = 2.44$$





## 1.2. Ανάλυση κυκλωμάτων γραμμών μεταφοράς στο πεδίο της συχνότητας

(α)

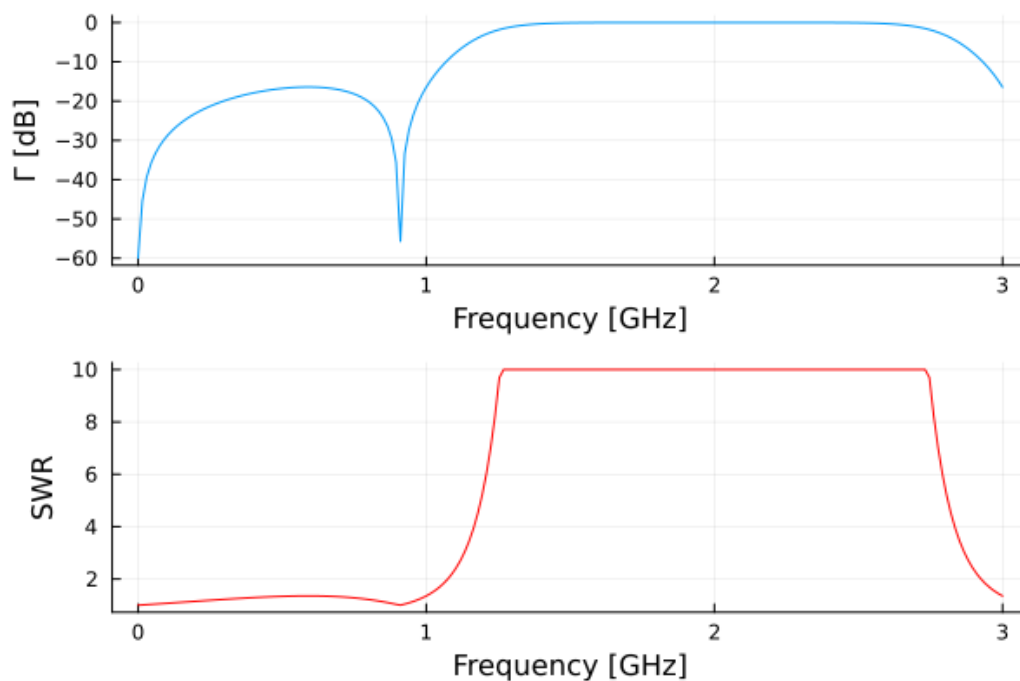


Η προσομοίωση επιστρέφει για

- $f_0 = 1 \text{ GHz}$      $\Gamma = 0.413$      $SWR = 2.406$
- $f_1 = 1.33 \text{ GHz}$      $\Gamma = 0.371$      $SWR = 2.179$

Και οι τέσσερις τιμές βρίσκονται ικανοποιητικά κοντά σε αυτές που υπολογίσαμε με τα διαγράμματα Smith.

(β)



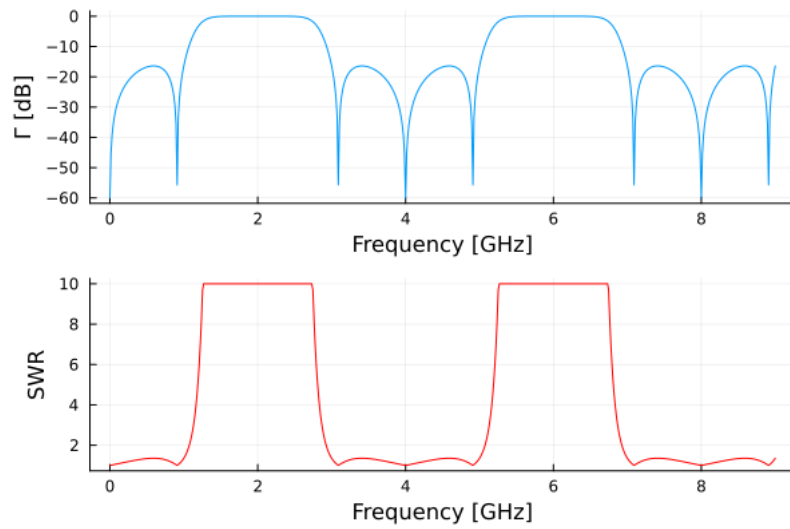
Δεδομένου ότι οι αποδεκτές τιμές του συντελεστή ανάκλασης και του λόγου στάσιμου κύματος είναι αντίστοιχα

$$\Gamma_{dB} \leq -10 \text{ dB}, \quad SWR \leq 3$$

το φίλτρο χαρακτηρίζεται ως χαμηλοπερατό.

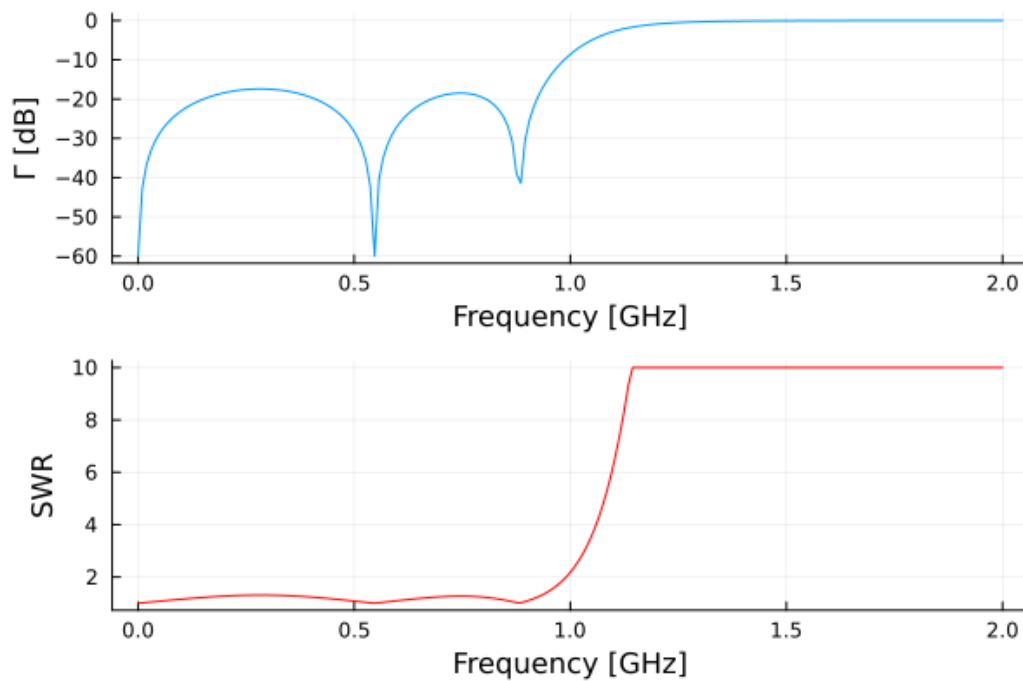


Πέραν της άσκησης βέβαια, αν μεγαλώσουμε το εύρος συχνοτήτων της ανάλυσης λαμβάνουμε:



Όπως φαίνεται από τα γραφήματα, η απόκριση του φίλτρου είναι περιοδική με περίοδο 4 GHz.

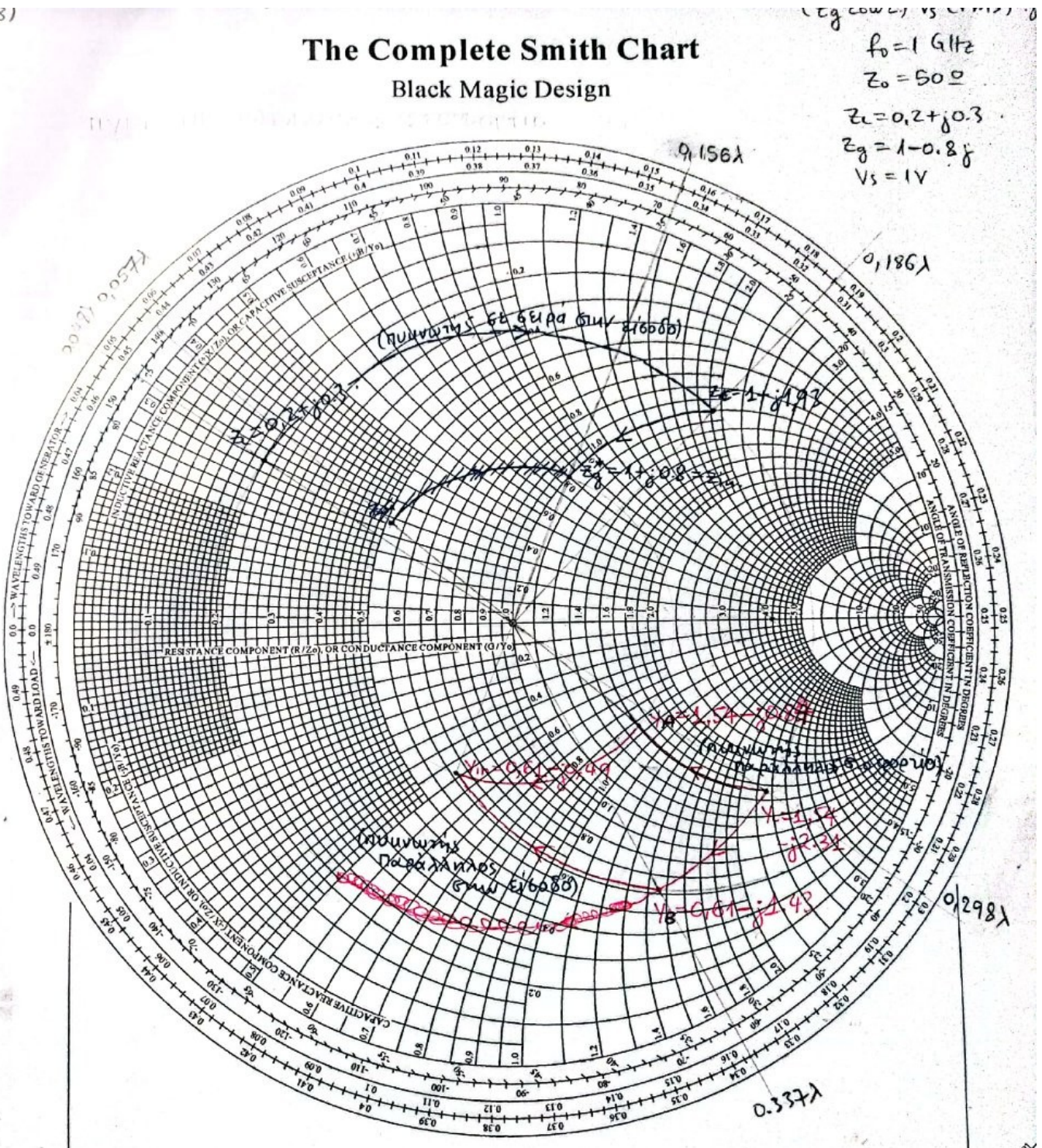
(γ)



Και αυτό το φίλτρο χαρακτηρίζεται ως χαμηλοπερατό.

## 1.3. Συζυγής προσαρμογή – Διάγραμμα Smith

(α)



Το διάγραμμα Smith καλύπτει όλες τις περιπτώσεις. Για να πετύχουμε συζυγή προσαρμογή, θέλουμε

$$z_{in} = z_g^* = 1 + j0.8$$

Οπότε προκύπτει ότι για:

- Πυκνωτή σε σειρά με το φορτίο δεν υφίσταται λύση, εφόσον ο κύκλος σταθερού  $r = 0.2$ , πάνω στον οποίο κινούμαστε λόγω του πυκνωτή ξεκινώντας από  $z_L$ , δεν τέμνει τον κύκλο σταθερού  $SWR = 2.2$ , πάνω στον οποίο θα κινούμασταν λόγω την γραμμής μεταφοράς, για να καταλήξουμε στο  $z_g^*$ .

- Πυκνωτή παράλληλο στο φορτίο η χωρητικότητα του πυκνωτή και το μήκος της γραμμής πρέπει να είναι αντίστοιχα

$$b = -0.84 - (-2.31) = 1.47 \Rightarrow C = \frac{b}{2\pi f_0 Z_0} = 4.7 \text{ pF}$$

$$\ell = 0.406\lambda - 0.307\lambda = 0.099\lambda$$

- Πυκνωτή παράλληλο στην είσοδο

$$b = -0.49 - (-1.43) = 0.94 \Rightarrow C = \frac{b}{2\pi f_0 Z_0} = 3.0 \text{ pF}$$

$$\ell = 0.337\lambda - 0.298\lambda = 0.039\lambda$$

- Πυκνωτή σε σειρά με την είσοδο

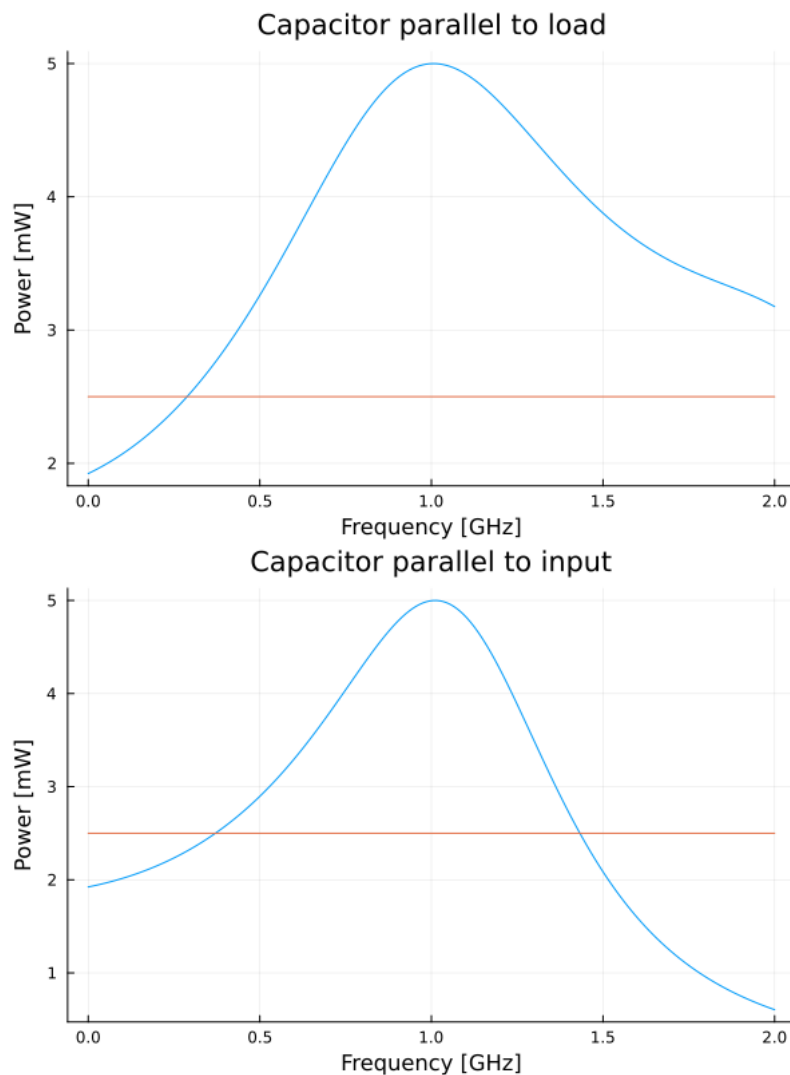
$$x = 1.93 - 0.8 = 1.13 \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f_0 Z_0 x} = 2.8 \text{ pF}$$

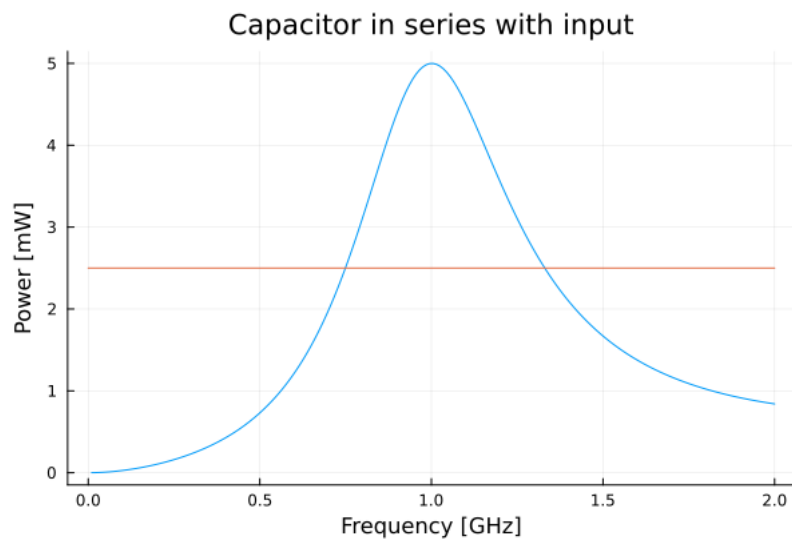
$$\ell = 0.186\lambda - 0.048\lambda = 0.138\lambda$$

(β) Η ισχύς στο φορτίο είναι ίση με την ισχύ εισόδου και υπολογίζεται ως εξής:

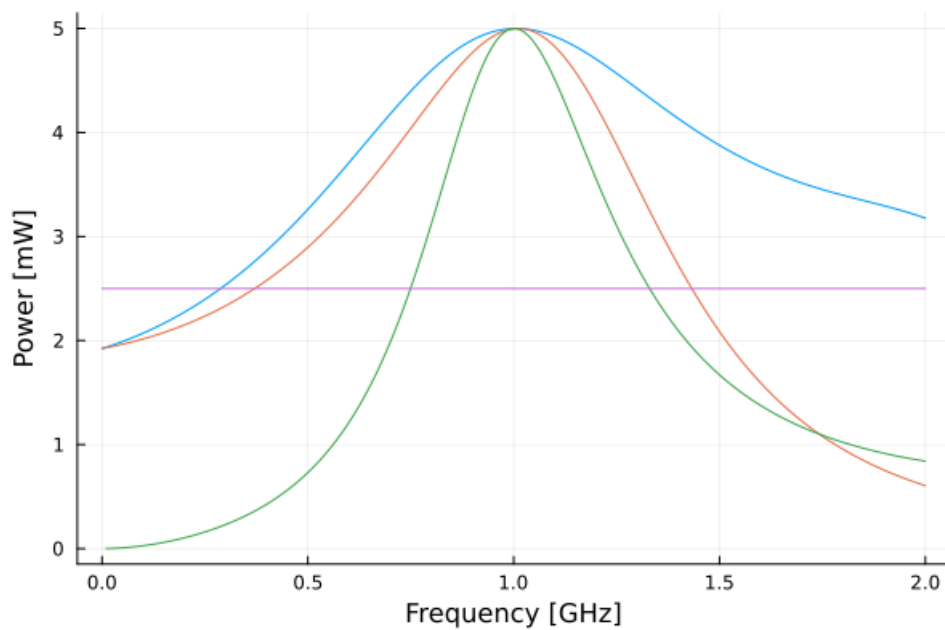
$$P = \frac{V_{s,\text{rms}}^2}{4R_g} = \frac{1}{4 \cdot 50} = 5 \text{ mW}$$

(γ)





Και αθροιστικά



Η ευθεία στα 2.5 mW υποδεικνύει τη μισή ισχύ της μέγιστης σε όλα τα γραφήματα.

Εμφανώς, το μεγαλύτερο εύρος ζώνης προκύπτει στην περίπτωση που έχουμε τον **Πυκνωτή παράλληλα στο φορτίο**.



#### 1.4. Πολλαπλός κλαδωτής

(α) Δείτε τις συναρτήσεις

- `reflectionCoefMultiStub(freqRatio, p),`
- `reflectionCoefMultiStubSimulation(p),`
- `reflectionCoefMultiStubSimulationMean(p)`

στο συνημμένο αρχείο `src/multiStub.jl`.

(β) Δείτε το αρχείο `src/optimMultiStub.jl`.

(γ) Δείτε τη συνάρτηση `reflectionCoefMultiStubSimulationPlot(p)` στο `src/multiStub.jl`.

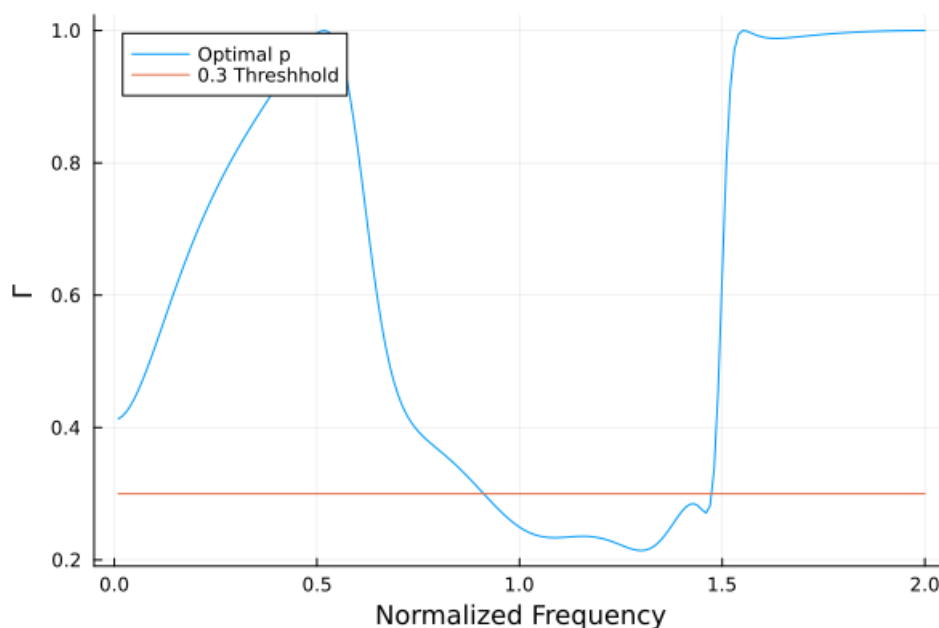
Από τα διάφορα διανύσματα  $p$  που επέστρεψε ο γενετικός αλγόριθμος η ελάχιστη μέση τιμή του συντελεστή ανάκλασης προέκυψε για

$$p_{\text{optimal}} = \begin{bmatrix} 0.2501613826522009 \\ 0.052410648861077894 \\ 0.09937524072518232 \\ 0.4643724374109345 \\ 0.07818274587913998 \\ 0.04842408964473821 \end{bmatrix}$$

και ήταν η

$$|\Gamma|_{\text{mean}} = 0.387216493658603$$

Στο εύρος συχνοτήτων  $0.01 f_0$  με  $2 f_0$  για το  $p_{\text{optimal}}$  η γραφική παράσταση του συντελεστή ανάκλασης γίνεται:

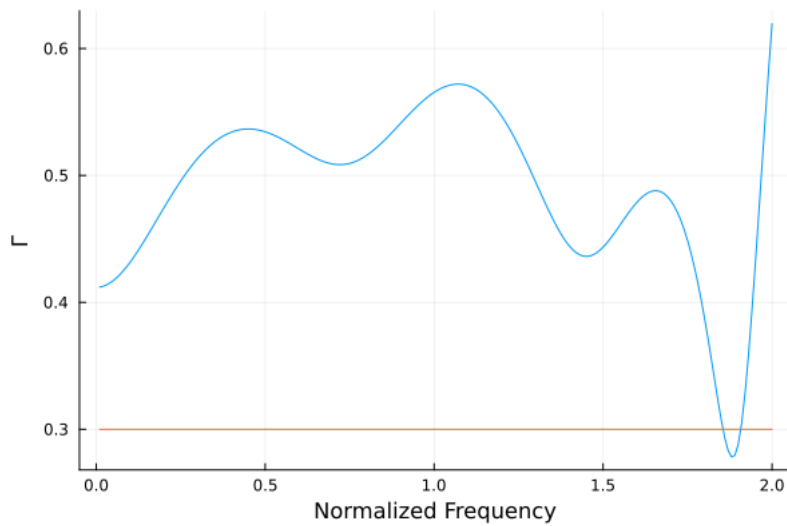


(δ) Το βέλτιστο  $|\Gamma|_{\text{mean}} = 0.48949835544438386$  προκύπτει για:

$$p_{\text{optimal}} = \begin{bmatrix} 0.23543805815455376 \\ 0.17665521925177036 \\ 0.19008167398643355 \\ 0.0643011430492405 \\ 0.042261233507735585 \\ 0.03111688618348929 \end{bmatrix}$$

Ωστόσο, από τη γραφική παράσταση φαίνεται ότι το εύρος συχνοτήτων για το οποίο  $|\Gamma| \leq 0.3$  είναι πολύ μικρό, γεγονός το οποίο φυσικά είναι ανεπιθύμητο.

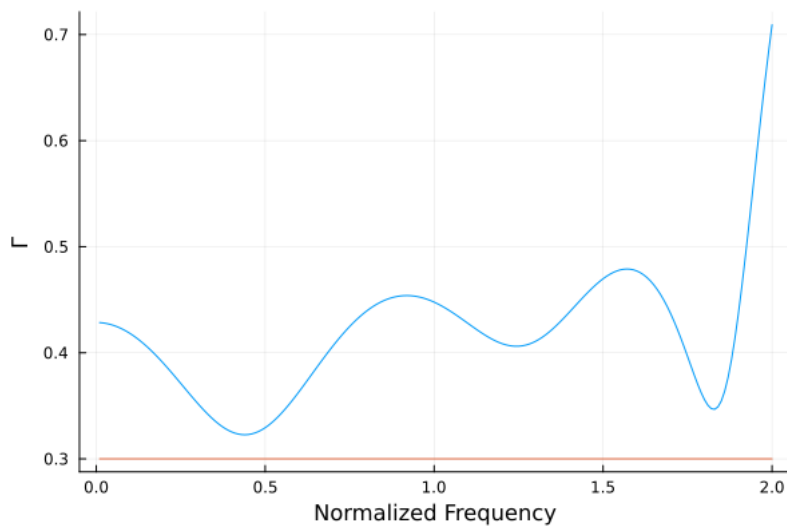




(ε) Για  $Z_L = 20 + j30$  ο γενετικός αλγόριθμος δίνει  $|\Gamma|_{\text{mean}} = 0.4175269577424611$  για

$$p_{\text{optimal}} = \begin{bmatrix} 0.0 \\ 0.17104122220366383 \\ 0.17423539738754057 \\ 0.08019708285438065 \\ 0.050788540175335184 \\ 0.03552256267842435 \end{bmatrix}$$

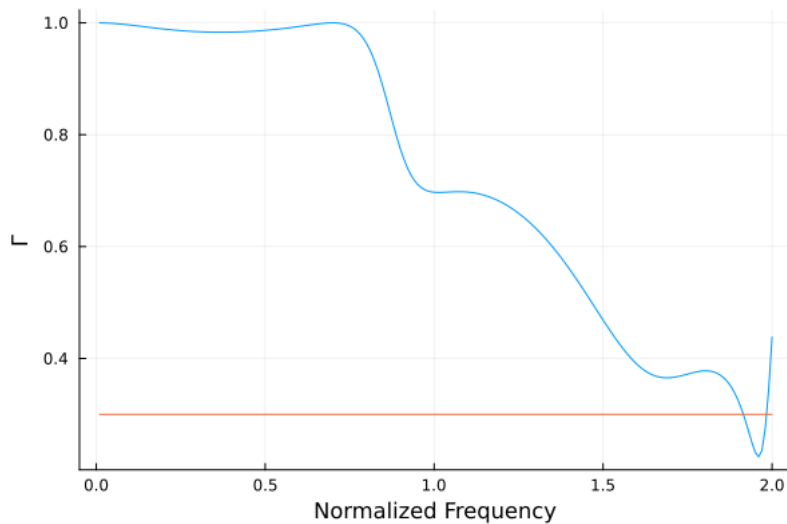
Παρ' όλο που μειώθηκε αισθητά ο μέσος όρος τώρα δεν υπάρχει εύρος συχνοτήτων για το οποίο  $|\Gamma| \leq 0.3$ . Επίσης παρατηρούμε ότι τώρα το  $d_1 = 0.0$ , δηλαδή για να επιτευχθεί ο βέλτιστος συντελεστής ανάκλασης πρέπει το φορτίο να μην απέχει από την αρχή του πρώτου κλαδωτή.



Για  $Z_L = 180 - j200$  λαμβάνουμε  $|\Gamma|_{\text{mean}} = 0.7233702757921985$  για

$$p_{\text{optimal}} = \begin{bmatrix} 0.16592399862317087 \\ 0.05 \\ 0.050623765157369674 \\ 0.35704408661476317 \\ 0.0719505995319416 \\ 0.02816161313633092 \end{bmatrix}$$

Και πάλι ο συντελεστής ανάκλασης βρίσκεται σε αποδεκτές τιμές για πολύ μικρό εύρος συχνοτήτων.



### Σημείωση

Αν στόχος μας, αντί για την ελαχιστοποίηση της μέσης τιμής του συντελεστή ανάκλασης, ήταν η μεγιστοποίηση του εύρους συχνοτήτων με αποδεκτό συντελεστή ανάκλασης, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε διαφορετικά μέτρα προσαρμογής. Ενδεικτικά, δείτε τις συναρτήσεις στο `src/multiStub.jl`

- `bandwidthCounter(p)` για τη μεγιστοποίηση των σημείων στο φάσμα συχνοτήτων της προσομοίωσης που παράγουν αποδεκτό συντελεστή ανάκλασης
- `bandwidthCounterWeighted(p)` που εξυπηρετεί το ίδιο με την προηγούμενη, αλλά ενθαρρύνει τα σημεία να είναι διαδοχικά.

Παρατίθενται και τα σχετικά γραφήματα για το αρχικό φορτίο  $Z_L = 120 + j60$ .

