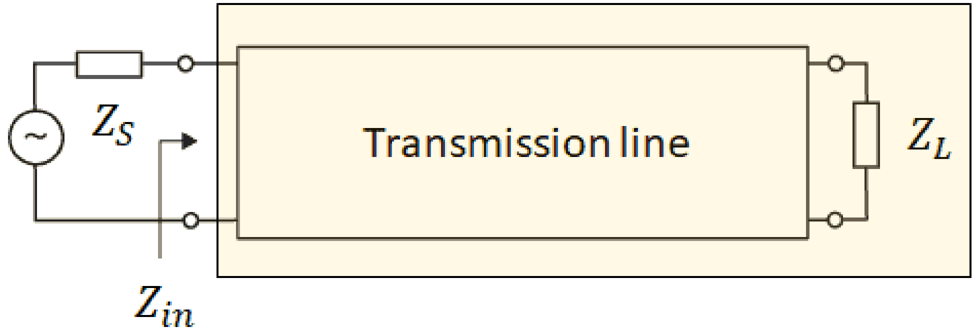
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΓΡΑΜΜΩΝ ΧΩΡΙΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

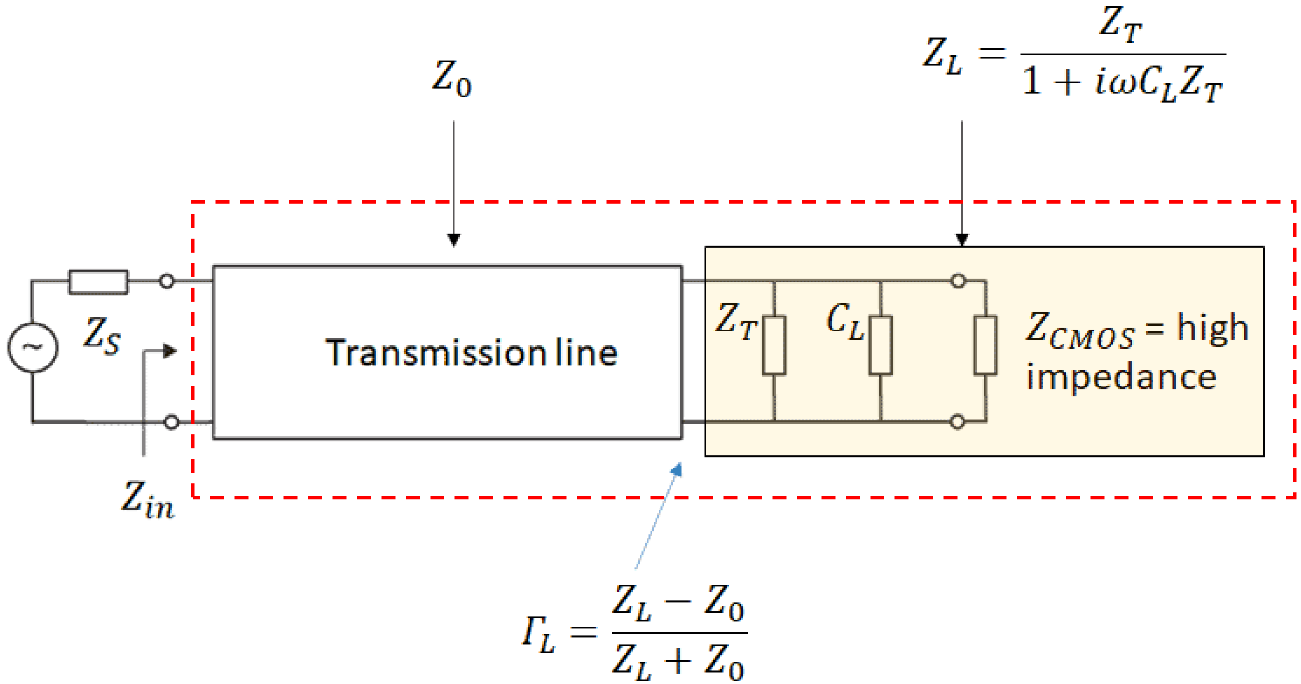
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΓΡΑΜΜΩΝ λ/4 ΚΑΙ λ/2
ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ

Κάνοντας Προσαρμογή

Παράδειγμα από το διαδίκτυο για σύνδεση ενός CMOS Inverter



Γενική εικόνα

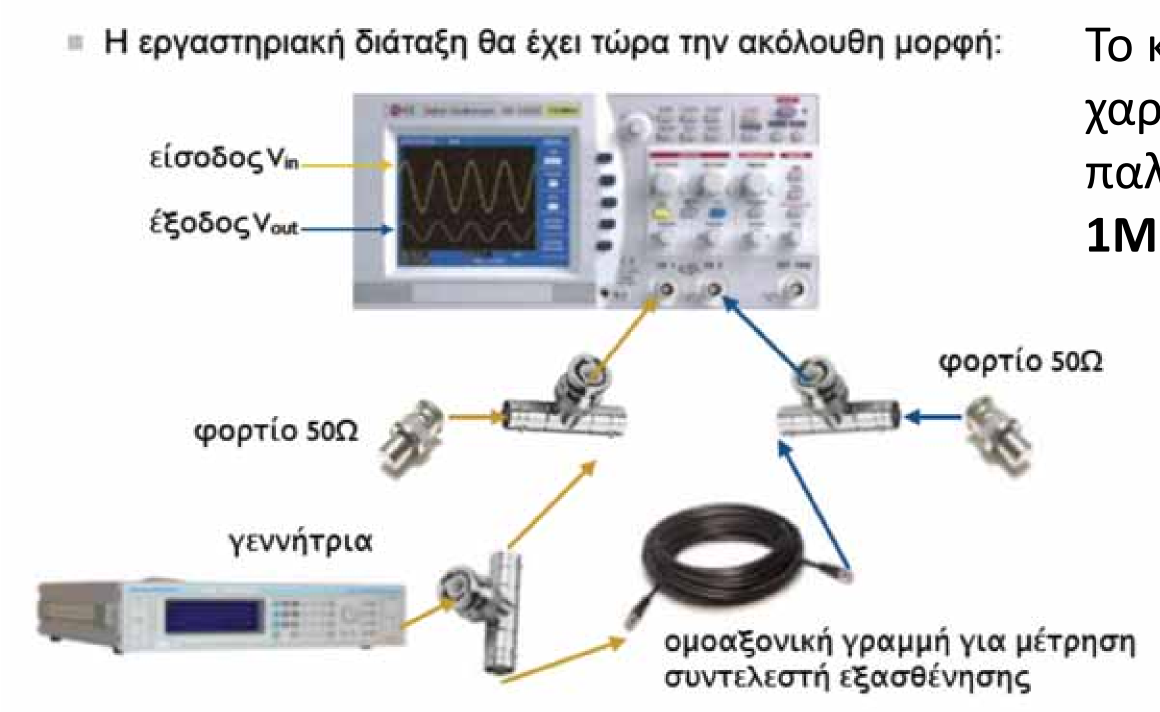


Η αντίσταση του CMOS είναι γενικά μεγάλη ωμική, πολύ μεγαλύτερη από τη χαρακτηριστική σε μια Γ.Μ. όπως μια μικροταινία. Μπορούμε να προσθέσουμε παράλληλες ωμικές ή και χωρητικές αντιστάσεις αν χρειάζεται ώστε το συνολικό Z_L να είναι =Z0 (Zc).

Κάνοντας Προσαρμογή

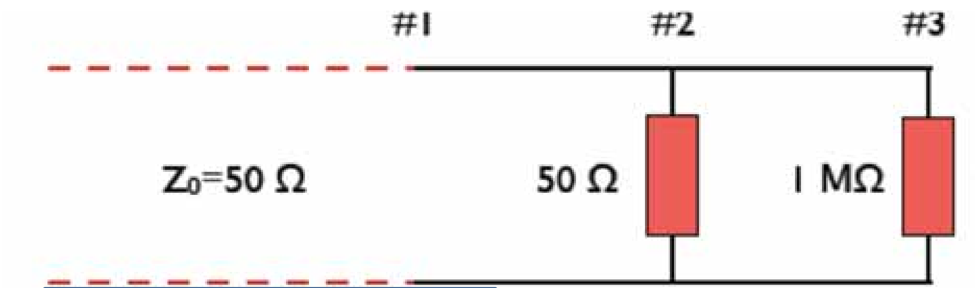
BONUS

Παράδειγμα από το εργαστήριο, στην άσκηση μέτρησης εξασθένισης σε ομοαξονικό καλώδιο



Το καλώδιο έχει χαρακτηριστική **50Ω**, ενώ ο παλμογράφος θύρα με φορτίο **1ΜΩ**. Πως το προσαρμόζω;

Συνδέω παράλληλα στη θύρα φορτίο 50Ω



Αναπαράσταση της σύνδεσης. **Συνολικό Z_L≈50Ω**
Προσοχή στο ότι το 50άρι είναι πάνω στη θύρα, έτσι δεν υπάρχει κάποια άλλη Z_{in} της Γραμμής

Καλώδιο

φορτίο

Ηλεκτρικό και φασικό μήκος γραμμής

- Ηλεκτρικό μήκος: το φυσικό μήκος εκφρασμένο σε μήκη κύματος λ

- Φασικό μήκος : εκφράζεται σε μοίρες ή ακτίνια και αντιστοιχεί στο μέγεθος βD όπου β η σταθερά φάσης και D το φυσικό μήκος της γραμμής.

Ιδιότητες γραμμής λ/4

- Αντίσταση εισόδου γραμμής λ/4:

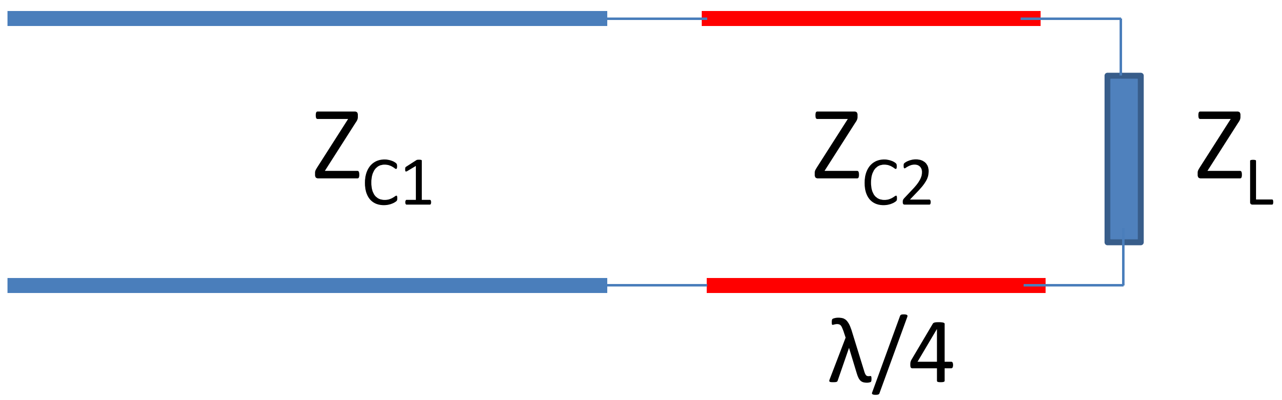
$$Z_{in} = Z_C \frac{Z_L + Z_C\, j\, tan(\beta x')}{Z_C + Z_L\, j\, tan(\beta x')} \Rightarrow \quad Z_{in} = Z_C \frac{\dfrac{Z_L}{j\, tan(\beta x')} + Z_C}{\dfrac{Z_C}{j\, tan(\beta x')} + Z_L}$$

$$\beta x' = \frac{2\pi}{\lambda}\frac{\lambda}{4} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow tan(\beta x') = tan\left(\frac{\pi}{2}\right) = \infty \qquad \boxed{\Rightarrow Z_{in} = \frac{Z_C{}^2}{Z_L}}$$

- Φασικό μήκος γραμμής λ/4 = π/2
- Βραχυκυκλωμένη γραμμή λ/4 ισοδυναμεί με L//C παράλληλα συντονισμένο
- Ανοικτοκυκλωμένη γραμμή λ/4 ισοδυναμεί με L – C συντονισμένο σε σειρά

Προσαρμογή φορτίου με χρήση μτσ λ/4

- Η γραμμή λ/4 ως μετασχηματιστής αντίστασης



- Αν το φορτίο είναι καθαρά ωμικό τότε η χαρακτηριστική της γραμμής #2 υπολογίζεται για προσαρμογή της #1 στο φορτίο Z_L :

$$Z_{C(1)} = \frac{{Z_{C(2)}}^2}{Z_L} \Rightarrow Z_{C(2)} = \sqrt{Z_{C(1)} Z_L}$$

- Δεν ισχύει για φορτίο σύνθετης αντίστασης

Γραμμές μήκους < λ/4

- Βραχυκυκλωμένη γραμμή μήκους d < λ/4

$$Z_{in} = Z_C \, j \tan\left(\beta d\right)$$

- Αντιστοιχεί σε αυτεπαγωγή (αμιγές πηνίο)

- Ανοικτοκυκλωμένη γραμμή μήκους d < λ/4

$$Z_{in} = \frac{Z_C}{j \tan\left(\beta d\right)} = -j \frac{Z_C}{\tan\left(\beta d\right)}$$

- Αντιστοιχεί σε χωρητικότητα (πυκνωτής)

Γραμμή λ/2

- Αντίσταση εισόδου γραμμής μήκους λ/2:

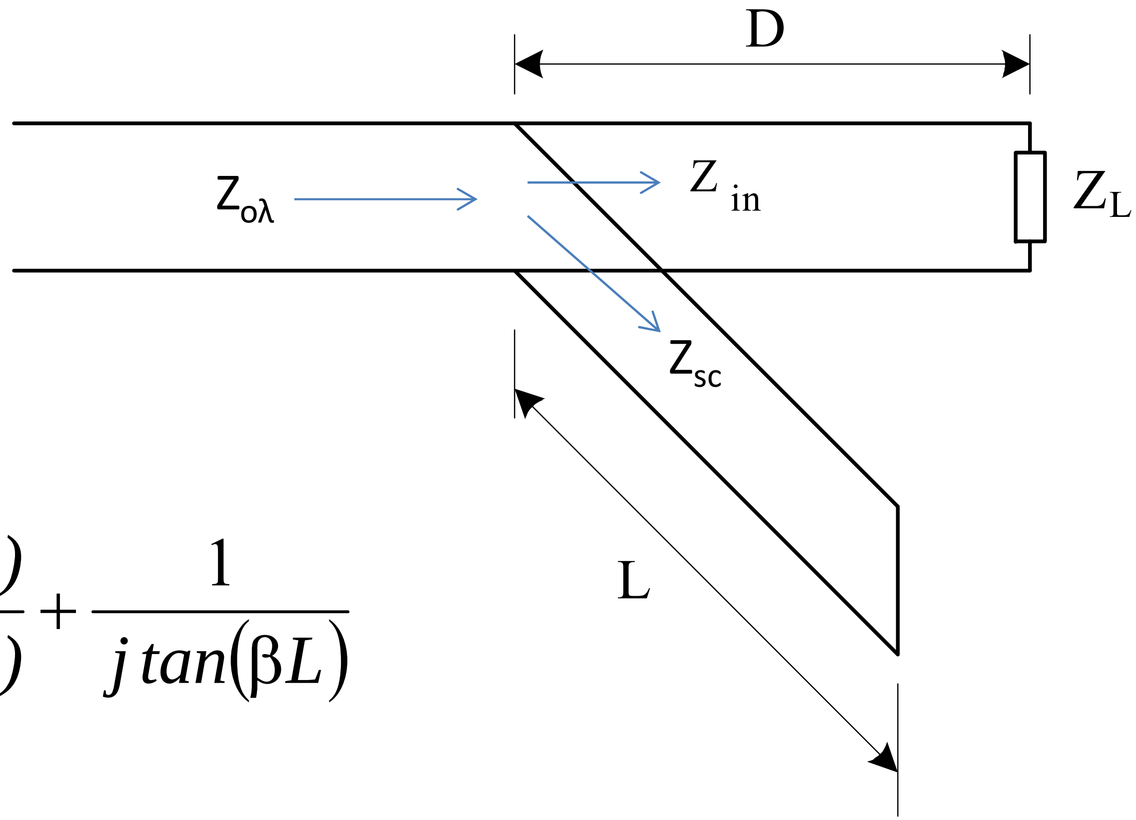
$$Z_{in} = Z_C \frac{Z_L + Z_C\, j \tan(\beta D)}{Z_C + Z_L\, j \tan(\beta D)} = Z_C \frac{Z_L + Z_C\, j \tan(\beta\lambda/2)}{Z_C + Z_L\, j \tan(\beta\lambda/2)} = Z_L$$

- Η μοναδική περίπτωση όπου η αντίσταση εισόδου ισούται με το φορτίο.
- Ισχύει για όλα τα μήκη τα οποία είναι πολλαπλάσια του λ/2
- Χρησιμοποιείται για την μέτρηση αντίστασης εισόδου κεραιών

Προσαρμογή με στέλεχος

- Στέλεχος (stub): Τμήμα βραχυκυκλωμένης γραμμής
- Πρέπει $Z_{ο\lambda}=Z_c$ όπου: $$Z_{o\lambda} = Z_{in} // Z_{sc} \Rightarrow \frac{1}{Z_{o\lambda}} = \frac{1}{Z_{sc}} + \frac{1}{Z_{in}}$$
- Επίσης

$$\frac{1}{Z_{sc}} = \frac{1}{jZ_C \tan(\beta L)} \qquad \frac{1}{Z_{in}} = \frac{1}{Z_C} \frac{Z_C + jZ_L \tan(\beta D)}{Z_L + jZ_C \tan(\beta D)}$$

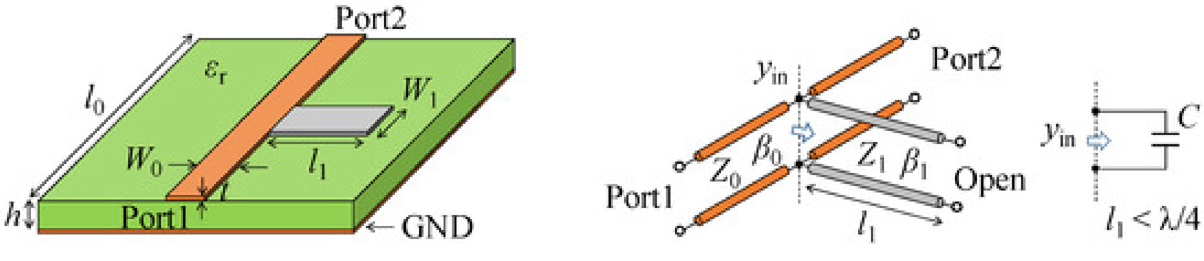


- Για προσαρμογή:

$$1 = \frac{Z_C + jZ_L \tan(\beta D)}{Z_L + jZ_C \tan(\beta D)} + \frac{1}{j \tan(\beta L)}$$

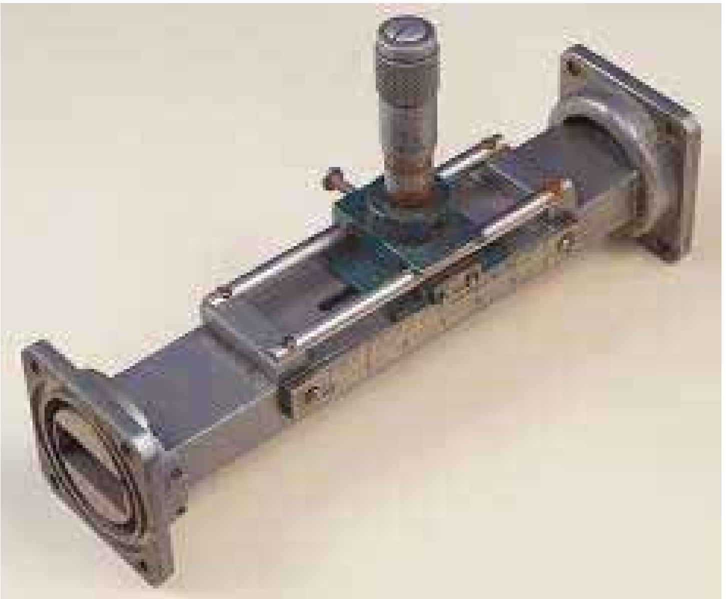
Προσαρμογή με στέλεχος

Παραδείγματα



(a) (b)

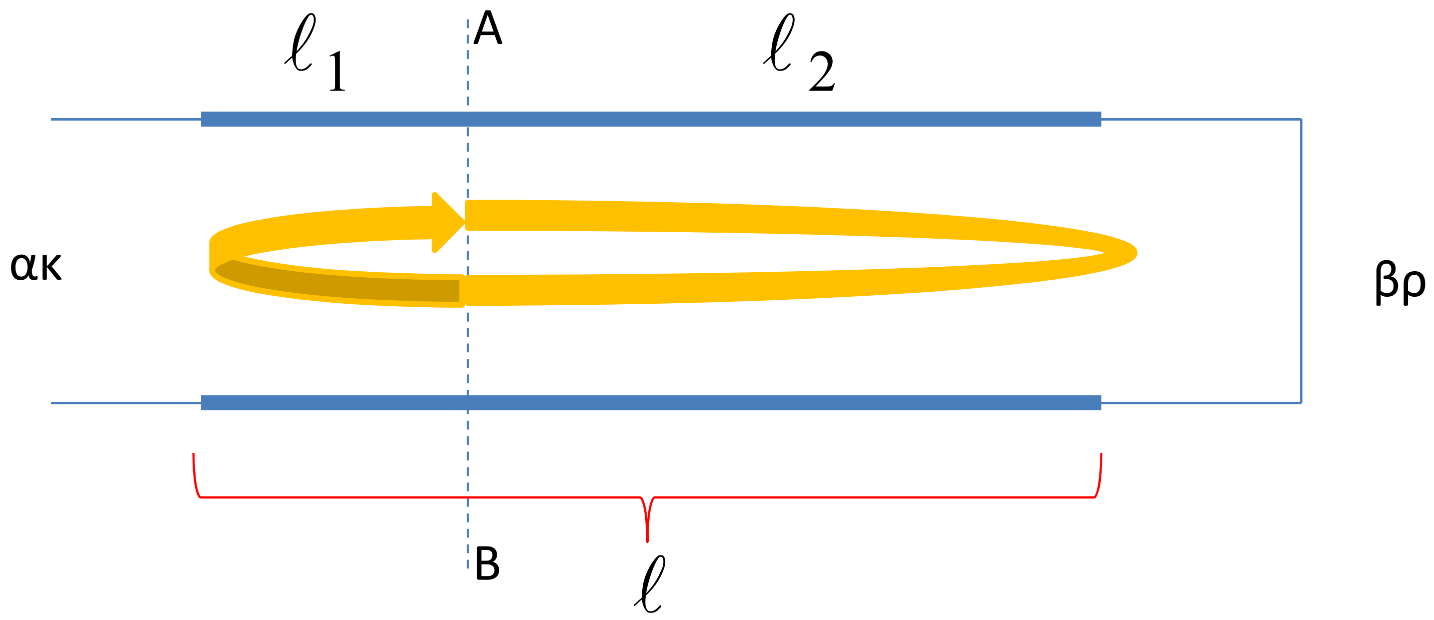
Σε μικροταινία



Σε ορθογωνικό κυματοδηγό

Συντονισμένες γραμμές

- Γραμμή με ανοικτό το ένα και βραχυκυκλωμένο το άλλο άκρο



- Για συντήρηση των ταλαντώσεων θα πρέπει σε τυχαία θέση ΑΒ, το κύμα μετά από δύο διαδοχικές ανακλάσεις στο βρ και στο ακ να διέλθει από το ΑΒ με την ίδια φάση.

Συχνότητες συντονισμού γραμμής ακ-βρ

- Ο συντελεστής ανάκλασης στο βρ = -1 και ο συντελεστής ανάκλασης στο ακ = +1
- Συνολική φάση

$$\beta\ell_2 \pm \pi + \beta\ell + 0 + \beta\ell_1 = 2k\pi \Rightarrow$$

$$2\beta\ell = (2k+1)\pi \Rightarrow$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} 2\ell = (2k+1)\pi$$

$$\boxed{\Rightarrow \ell = \frac{\lambda}{4}(2k+1)}$$

- Η γραμμή ακ-βρ συντονίζεται σε συχνότητες όπου το μήκος της γραμμής είναι περιττό πολλαπλάσιο του λ/4

Συχνότητες γραμμής βρ-βρ ή ακ-ακ

- Συνολική φάση για γραμμή ακ-ακ:

$$\beta\ell_2 + 0 + \beta\ell + 0 + \beta\ell_1 = 2k\pi \Rightarrow 2\beta\ell = 2k\pi \Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda}2\ell = 2k\pi \Rightarrow$$

$$\boxed{\ell = k\frac{\lambda}{2}}$$

- Συνολική φάση για γραμμή βρ-βρ:

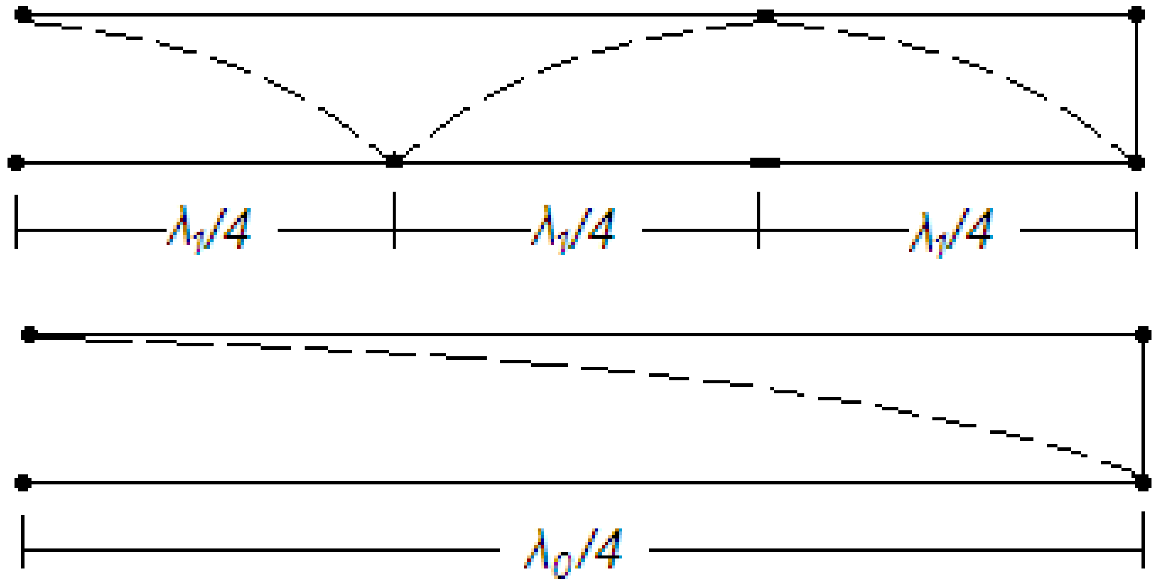
$$\beta\ell_2 + \pi + \beta\ell + \pi + \beta\ell_1 = 2k'\pi \Rightarrow 2\beta\ell = 2(k'-1)\pi \Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda}2\ell = 2k\pi \Rightarrow$$

$$\boxed{\ell = k\frac{\lambda}{2}}$$

- Η γραμμή ακ-ακ ή βρ-βρ συντονίζεται σε συχνότητες όπου το μήκος της γραμμής είναι πολλαπλάσιο του λ/2

Μορφή στασίμου συντονισμένης γραμμής

- Για γραμμή με ακ-βρ άκρα πρέπει να ικανοποιείται η οριακή συνθήκη : max voltage στο ακ min voltage στο βρ

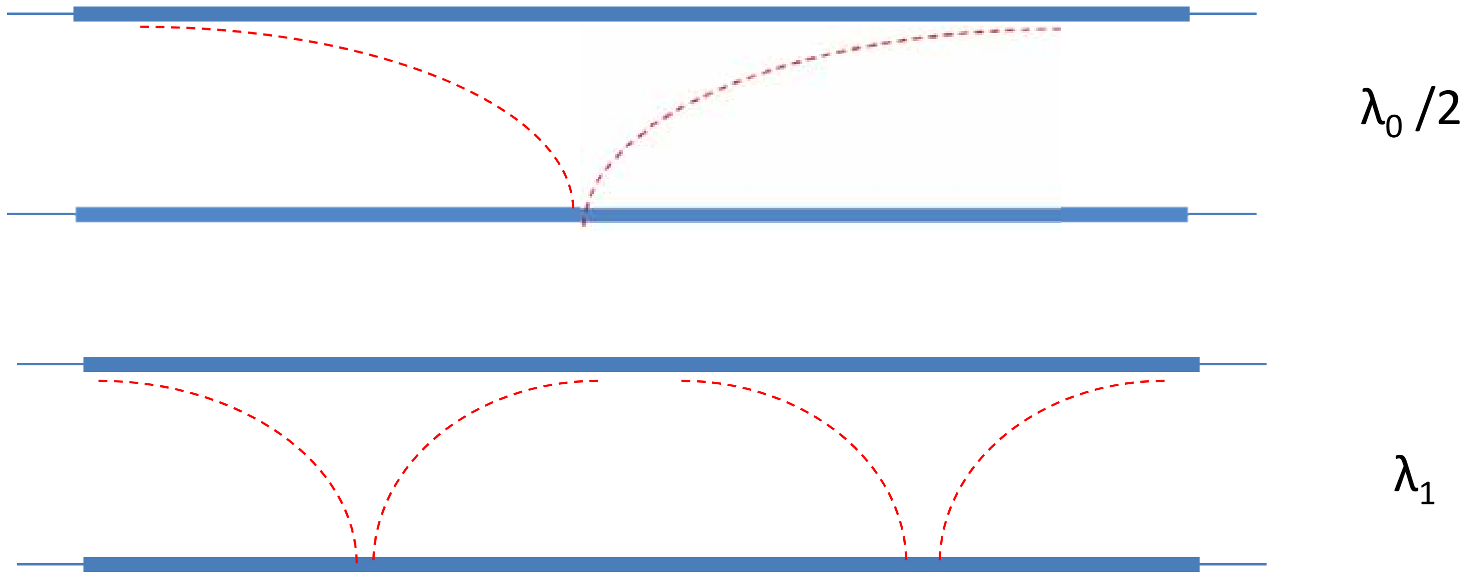


- Η μορφή του στασίμου επιβάλει μόνο τα περιττά πολλαπλάσια

$$f_0 = \frac{\upsilon}{\lambda_0} = \frac{\upsilon}{4\ell} \quad f_1 = \frac{\upsilon}{\lambda_1} = \frac{3\upsilon}{4\ell} = 3 f_0 \quad f_2 = \frac{\upsilon}{\lambda_2} = \frac{5\upsilon}{4\ell} = 5 f_0$$

Μορφή στασίμου συντονισμένης γραμμής

- Για γραμμή με ακ-ακ άκρα πρέπει να ικανοποιείται η οριακή συνθήκη : max voltage στο ακ



- Η μορφή του στασίμου προβλέπει όλα τα πολλαπλάσια

$$f_0 = \frac{\upsilon}{\lambda_0} = \frac{\upsilon}{2\ell} \quad f_1 = \frac{\upsilon}{\lambda_1} = \frac{\upsilon}{\ell} = 2 f_0 \quad f_2 = \frac{\upsilon}{\lambda_2} = \frac{3\upsilon}{2\ell} = 3 f_0$$