



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Μικροκυματικές διατάξεις

Ενότητα 4: Ανιχνευτές, μείκτες και δίοδοι PIN

Σταύρος Κουλουρίδης

Πολυτεχνική

Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας

Υπολογιστών

Σκοποί ενότητας

- Ανάλυση της μικροκυματικής διόδου και χρησιμοποίηση της στην κατασκευή ευρέως χρησιμοποιούμενων μικροκυματικών κυκλωμάτων

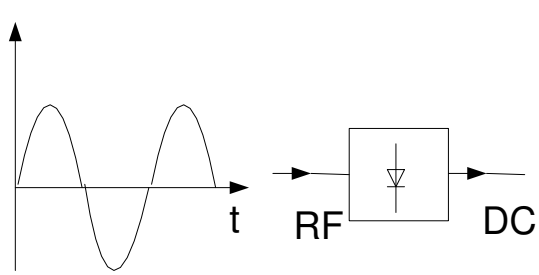


Περιεχόμενα ενότητας

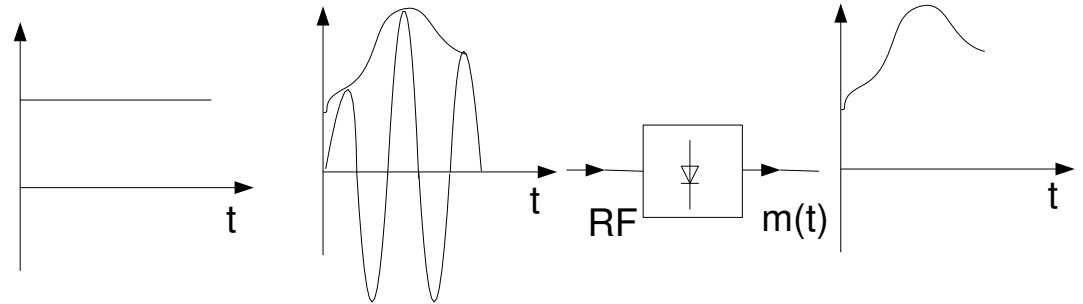
- Μικροκυματική δίοδος
- Μείκτες
- Διακόπτες
- Φασιθέτες



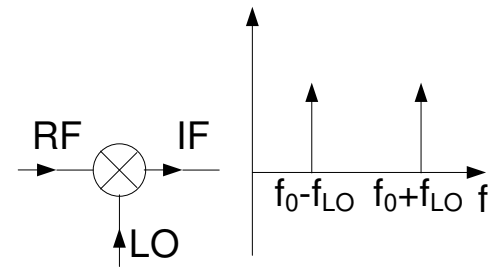
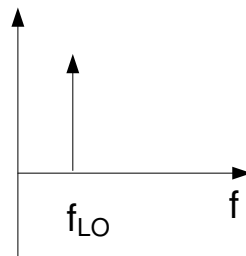
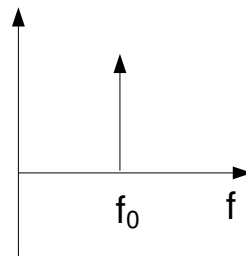
Βασικές λειτουργίες μικροκυματικής διόδου



(α) ανόρθωση



(β) ανίχνευση

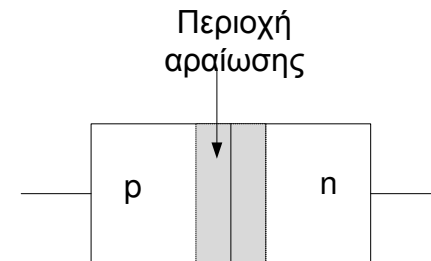


(γ) μείξη



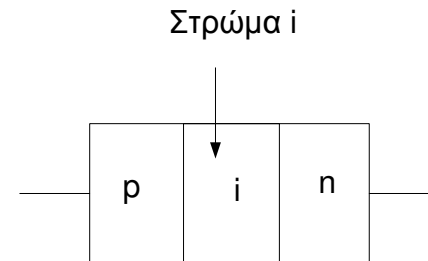
Δίοδος p-n

- Η χρήση της περιορίζεται σε συχνότητες ως μερικές εκατοντάδες MHz.
- Προβλήματα σε πιο μεγάλες συχνότητες:
 - Η υψηλή χωρητικότητα της επαφής βραχυκυκλώνει τη δίοδο
 - Χαμηλή ταχύτητα απόκρισης λόγω της μικρής κινητικότητας των φορέων και της αποθήκευσης φορτίων στο στρώμα αραίωσης



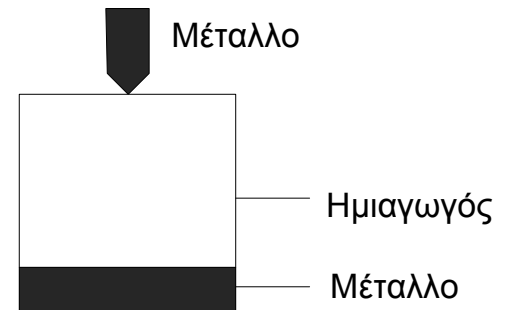
Δίοδος PIN

- Ανάμεσα στις περιοχές p και n παρεμβάλλεται ένα τμήμα ενδογενούς ημιαγωγού i
- Μειωμένη χωρητικότητα επαφής (κατάλληλη για μικροκυματικές συχνότητες)
- Στην ορθή πόλωση η δίοδος άγει παρουσιάζοντας κατά βάση μια αντίσταση εξαρτώμενη από το ρεύμα πόλωσης
- Στην ανάστροφη πόλωση εμφανίζει κυρίως χωρητική συμπεριφορά



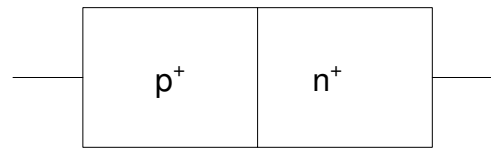
Δίοδος φράγματος Schottky

- Η επαφή p-n αντικαθίσταται από επαφή μετάλλου ημιαγωγού.
- Αυτός ο τύπος διόδου επιλύει το πρόβλημα της αργής απόκρισης, καθώς οι φορείς μειονότητας παίζουν ασήμαντο ρόλο

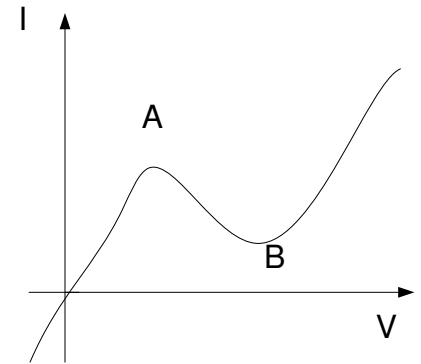


Δίοδος σήραγγας

- Οι περιοχές p , n είναι πολύ ισχυρά νοθευμένες
- Ιδιαίτερα λεπτό στρώμα αραίωσης
- Η μορφή της χαρακτηριστικής της, όπου στο τμήμα AB εμφανίζει αρνητική αντίσταση, την καθιστά κατάλληλη για χρήση ως ταλαντωτή.



(α) Δίοδος σήραγγας



(β) Χαρακτηριστική I - V



Χαρακτηριστική διόδου και προσέγγιση μικρού σήματος

- $I(V) = I_s \left(e^{\frac{q}{nkT}V} - 1 \right)$, q το φορτίο του ηλεκτρονίου, k η σταθερά Boltzmann, n παράγοντας που χαρακτηρίζει το υλικό της διόδου
- Αν στην DC τάση πόλωσης V_0 υπερτεθεί μια μικρού πλάτους AC τάση v , το ανάπτυγμα σειράς για το $I(V)$ δίνει

$$I(V) = I_0 + v \frac{dI}{dV} \Big|_{V_0} + v^2 \frac{d^2I}{dV^2} \Big|_{V_0} + \dots$$

- Κρατώντας τους όρους μέχρι δεύτερης τάξης παίρνουμε την προσέγγιση ασθενούς σήματος $I(V) = I_0 + vG_d + \frac{1}{2}v^2G'_d$

με $G_d = \frac{q}{nkT} (I_0 + I_s)$ (δυναμική αγωγιμότητα της διόδου)

και $G'_d = \frac{q}{nkT} G_d$



Η δίοδος ως ανορθωτής

- Αν η τάση στα άκρα της διόδου είναι $V = V_0 + v_0 \cos \omega_0 t$, $v_0 \ll V_0$, τότε από την προσέγγιση ασθενούς σήματος $I(V) =$
$$I_0 + \frac{v_0^2}{4} G'_d + v_0 G_d \cos \omega_0 t + \frac{v_0^2}{4} G'_d \cos 2\omega_0 t.$$
- Οι τελευταίοι όροι συχνότητας ω_0 και $2\omega_0$ μπορούν με κατάλληλο φίλτρο να αποκοπούν
- Ο όρος $\left(\frac{v_0^2}{4} G'_d\right)$ (νόμος του τετραγώνου) είναι το ρεύμα ανόρθωσης και είναι η χρήσιμη συνιστώσα μέσω της οποίας εκτιμάται η ισχύς του RF σήματος
- Ευαισθησία ρεύματος $\beta_i = \frac{\Delta I_{DC}}{P_{in}} = \frac{G'_d}{2G_d}$



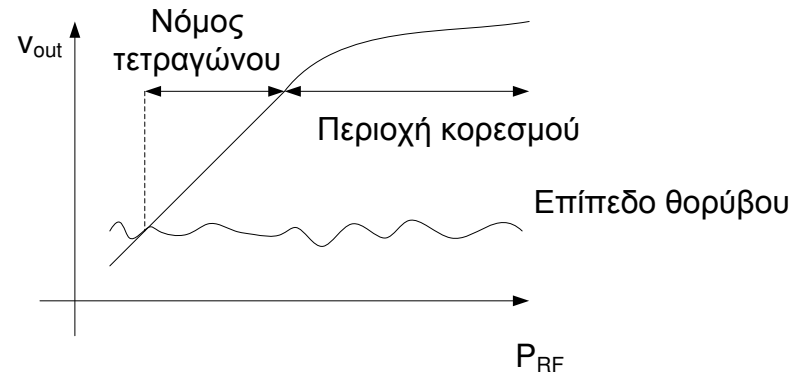
Η δίοδος ως αποδιαμορφωτής

- Το διαμορφωμένο σήμα έχει τη μορφή $v(t) = v_0(1 + m \cos \omega_m t) \cos \omega_0 t$, ω_0 συχνότητα φέροντος, ω_m συχνότητα διαμόρφωσης, m ο δείκτης διαμόρφωσης
- Πάλι από την προσέγγιση ασθενούς σήματος μπορούμε να κρατήσουμε μέσω φίλτρων μόνο τον όρο συχνότητας ω_m , οποίος έχει πλάτος $m \frac{v_0^2}{4} G'_d$ (νόμος τετραγώνου), αποκόπτοντας τα σήματα συχνοτήτων $2\omega_m, \omega_0 \pm \omega_m, \omega_0, 2\omega_0 \pm 2\omega_m, 2\omega_0 \pm \omega_m, 2\omega_0$ και 0 .



Περιοχή λειτουργίας διόδου

- Για να ισχύει η προσέγγιση ασθενούς σήματος θα πρέπει η ισχύς εισόδου να μην έχει υψηλή τιμή.
- Από την άλλη, αν η ισχύς εισόδου έχει πολύ χαμηλή τιμή, το χρήσιμο σήμα μπορεί να χαθεί στο επίπεδο του θορύβου
- Τα δύο αυτά όρια καθορίζουν την περιοχή λειτουργίας μιας διόδου, ώστε να ισχύει ο νόμος του τετραγώνου

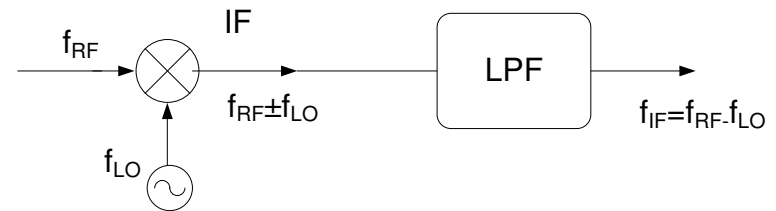


Ποιοτική απεικόνιση περιοχών λειτουργίας μιας διόδου

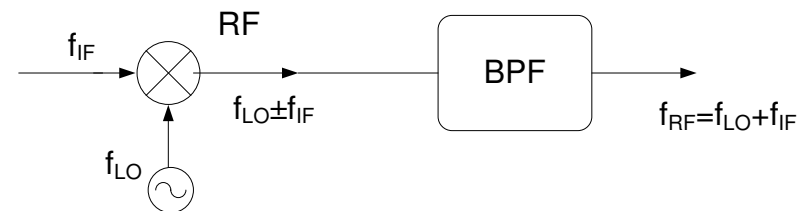


Μείκτες-Γενικά

- Οι μείκτες είναι κυκλώματα που επιτρέπουν τη μετατόπιση στη συχνότητα ενός σήματος
- Είναι τρίθυρα κυκλώματα
- Στη μια θύρα εισόδου εισάγεται το RF σήμα, ενώ στην άλλη το σήμα ενός τοπικού ταλαντωτή f_{LO} . Στην έξοδο παίρνουμε τον πολλαπλασιασμό αυτών των σημάτων. Το γινόμενο οδηγεί στο σχηματισμό όρων στο άθροισμα και στη διαφορά των συχνοτήτων f_{RF} και f_{LO}
- Ο πολλαπλασιασμός είναι αποτέλεσμα της δράσης ενός μη γραμμικού στοιχείου (δίοδος, τρανζίστορ)



Μετατροπή συχνότητας προς τα κάτω



Μετατροπή συχνότητας προς τα πάνω

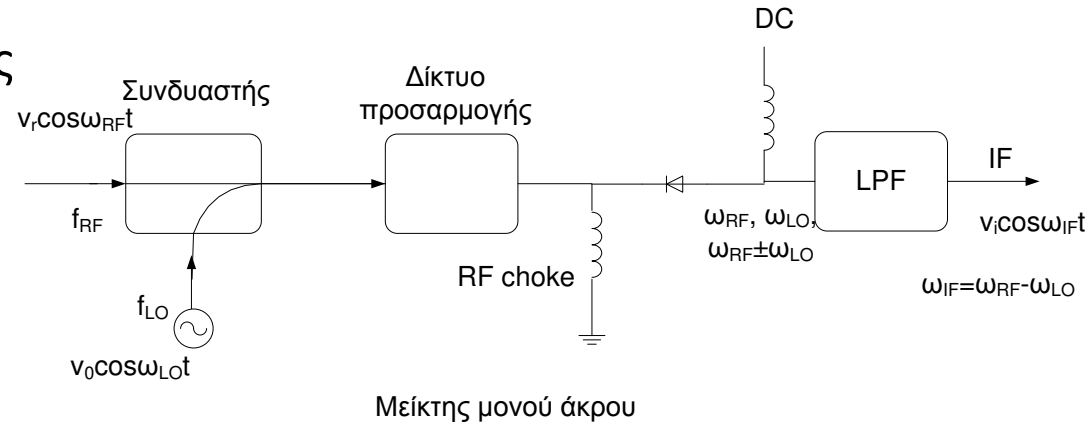


Μείκτης μονού άκρου

• Αν οι είσοδοι έχουν τη μορφή του σχήματος, τότε από την προσέγγιση ασθενούς σήματος μόνο ο παρακάτω όρος μας ενδιαφέρει στη συγκεκριμένη εφαρμογή:

$$i = \frac{G'd}{4} [v_r^2 + v_0^2 + v_r^2 \cos 2\omega_{RF}t + v_0^2 \cos 2\omega_{LO}t + 2v_r v_0 \cos(\omega_{RF} - \omega_{LO})t + 2v_r v_0 \cos(\omega_{RF} + \omega_{LO})t]$$

• Απόκριση εικόνας: δύο συχνότητες RF που οδηγούν στην ίδια ενδιάμεση συχνότητα ω_{IF} (Μείκτης απόρριψης εικόνας)

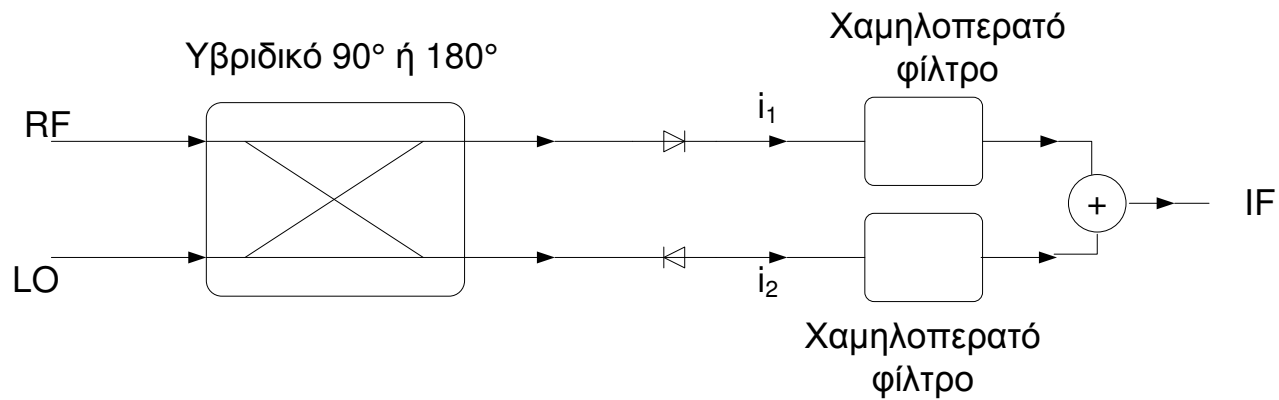


Χαρακτηριστικά μεικτών

- *Απώλεια μετατροπής*: $L_c = 10 \log \frac{\text{Available RF input power}}{\text{IF output power}}$. Τυπική τιμή 5-8 dB.
- *Απομόνωση*: εκφράζει το επίπεδο της ισχύος του τοπικού ταλαντωτή που διαρρέει στις θύρες RF και IF (τυπική τιμή 15-20 dB)
- *Ισχύς οδήγησης τοπικού ταλαντωτή*: επίπεδο απαιτούμενης ισχύος του LO για βέλτιστη λειτουργία του μείκτη
- *Συμπίεση μετατροπής (conversion compression)*: αντιστοιχίζεται στο επίπεδο της RF ισχύος εισόδου πέρα από το οποίο η σχέση της ισχύος εξόδου με αυτή της ισχύος εισόδου αποκλίνει από τη γραμμικότητα κατά μια συγκεκριμένη ποσότητα(συνήθως 1dB- 1dB compression point)
- *Εικόνα θορύβου*: μέτρο του θορύβου που εισάγεται από το μείκτη
- *Δυναμική περιοχή*: το μέγιστο εύρος RF ισχύος εισόδου για το οποίο λειτουργεί ο μείκτης



Ισορροπημένος μείκτης



Ισορροπημένος μείκτης με υβριδικό 90°

- Στις θύρες εξόδου του υβριδικού θα ισχύει:

$$v_1(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} [v_r \sin \omega_{RF} t - (v_0 + v_n) \cos \omega_{LO} t]$$

$$v_2(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} [-v_r \cos \omega_{RF} t + (v_0 + v_n) \sin \omega_{LO} t], \text{ όπου } v_n \text{ ένα υπερτιθέμενο σήμα εισόδου που αναπαριστά το θόρυβο}$$

$$i_1 = +k v_1^2 \xrightarrow{LPF} + \frac{k}{2} \left[\frac{1}{2} v_r^2 + \frac{1}{2} (v_0 + v_n)^2 - v_r (v_0 + v_n) \sin \omega_{IF} t \right]$$

$$i_2 = -k v_2^2 \xrightarrow{LPF} - \frac{k}{2} \left[\frac{1}{2} v_r^2 + \frac{1}{2} (v_0 + v_n)^2 + v_r (v_0 + v_n) \sin \omega_{IF} t \right]$$

$$i_{IF} = i_1 + i_2 = -k v_r (v_0 + v_n) \sin \omega_{IF} t \cong -k v_r v_0 \sin \omega_{IF} t$$



Ισορροπημένος μείκτης με υβριδικό 90°-Είσοδος μόνο RF

- Έστω οι δίοδοι είναι όμοιες και έχουν συντελεστή ανάκλασης Γ . Τα σήματα που επιστρέφουν από τις δύο διόδους θα είναι $V_{\Gamma_1} = \Gamma \frac{-j}{\sqrt{2}} V_r$, $V_{\Gamma_2} = \Gamma \frac{-1}{\sqrt{2}} V_r$
- Τα σήματα αυτά προσπίπτουν στις θύρες 2 και 3 του υβριδικού με αποτέλεσμα την εμφάνιση των παρακάτω σκεδαζόμενων κυμάτων:

$$\frac{-1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & j & 1 & 0 \\ j & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & j \\ 0 & 1 & j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ V_{\Gamma_1} \\ V_{\Gamma_2} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ +j\Gamma V_r \end{bmatrix}$$

- Καλή προσαρμογή στις δύο εισόδους αλλά κακή απομόνωση, μιας και εμφανίζεται σήμα στην είσοδο LO



Ισορροπημένος μείκτης με υβριδικό 180°-Είσοδος μόνο RF

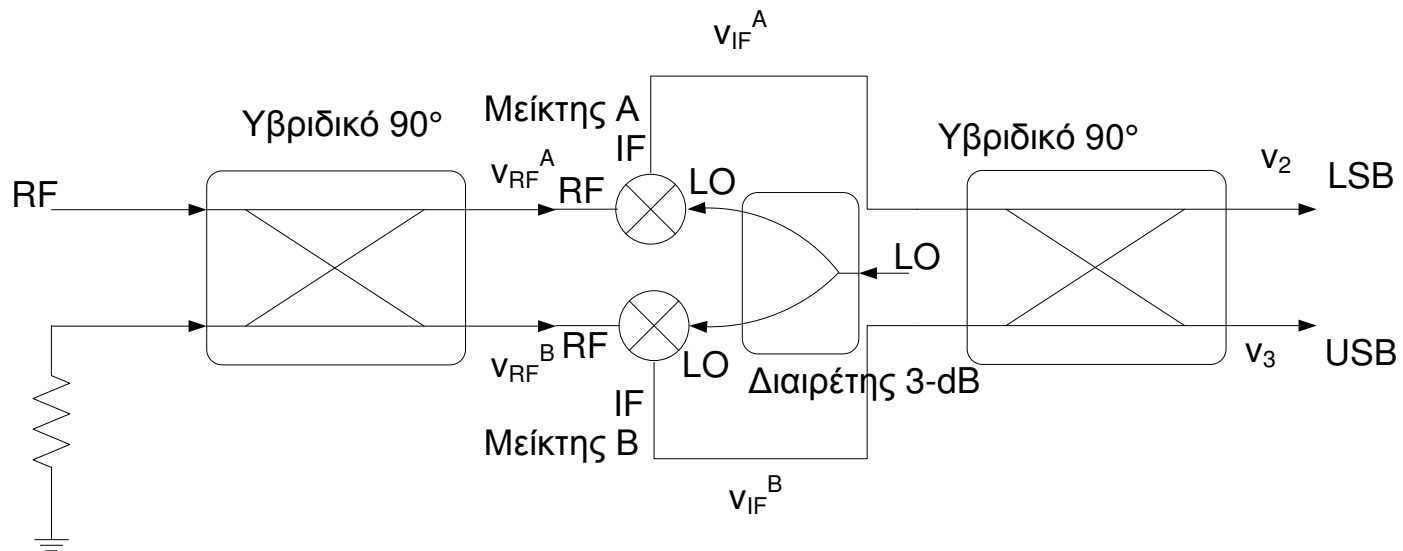
- Έστω οι δίοδοι είναι όμοιες και έχουν συντελεστή ανάκλασης Γ . Τα σήματα που επιστρέφουν από τις δύο διόδους θα είναι $V_{\Gamma_1} = \Gamma \frac{-j}{\sqrt{2}} V_r$,
 $V_{\Gamma_2} = \Gamma \frac{-1}{\sqrt{2}} V_r$
- Τα σήματα αυτά προσπίπτουν στις θύρες 2 και 3 του υβριδικού με αποτέλεσμα την εμφάνιση των παρακάτω σκεδαζόμενων κυμάτων:

$$\frac{-1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ V_{\Gamma_1} \\ V_{\Gamma_2} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\Gamma V_r \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

- Στην περίπτωση αυτή ανιχνεύεται σήμα στη θύρα που οδηγείται. Συνεπώς παρουσιάζει καλή απόμονωση αλλά όχι καλή προσαρμογή στις θύρες εισόδου.



Μείκτης απόρριψης εικόνας



Μείκτης απόρριψης εικόνας (2)

- Ο μείκτης απόρριψης εικόνας λύνει το πρόβλημα του ότι δύο διαφορετικές RF συχνότητες καταλήγουν στην ίδια ενδιάμεση IF συχνότητα.
- Διαχωρίζει τις δύο αυτές αποκρίσεις σε ξεχωριστά σήματα, ώστε στη μία έξοδο να εξέρχονται τα σήματα που προέρχονται από την άνω (USB) και την κάτω (LSB) πλευρική ζώνη



Μείκτης απόρριψης εικόνα-Εξισώσεις

$$\bullet v_{RF} = v_V \cos(\omega_{LO} + \omega_{IF})t + v_L \cos(\omega_{LO} - \omega_{IF})t$$

$$\bullet v_{RF}^A = \frac{v_V}{\sqrt{2}} \cos[(\omega_{LO} + \omega_{IF})t - 90^\circ] + \frac{v_L}{\sqrt{2}} \cos[(\omega_{LO} - \omega_{IF})t - 90^\circ]$$

$$\bullet v_{RF}^B = \frac{v_V}{\sqrt{2}} \cos[(\omega_{LO} + \omega_{IF})t - 180^\circ] + \frac{v_L}{\sqrt{2}} \cos[(\omega_{LO} - \omega_{IF})t - 180^\circ]$$



Μείκτης απόρριψης εικόνα- Εξισώσεις(2)

- $v_{IF}^A = \frac{kv_V}{2\sqrt{2}} \cos(\omega_{IF}t - 90^\circ) + \frac{kv_L}{\sqrt{2}} \cos(\omega_{IF} + 90^\circ)t$
- $v_{IF}^B = \frac{kv_V}{2\sqrt{2}} \cos(\omega_{IF}t - 180^\circ) + \frac{kv_L}{\sqrt{2}} \cos(\omega_{IF} + 180^\circ)t$
- $v_2 = \frac{k}{2} v_L \cos \omega_{IF}t$
- $v_1 = -\frac{k}{2} v_V \sin \omega_{IF}t$
- Οι δύο πλευρικές ζώνες διαχωρίζονται στις δύο εξόδους του μείκτη απόρριψης εικόνας



Χαρακτηριστικά και εφαρμογές διόδων PIN

- Παρασυσιάζουν μικρό μέγεθος και βάρος, γρήγορη απόκριση και περιορισμένα παρασιτικά φαινόμενα.
- Εφαρμογές:
 - Στον έλεγχο ροής μικροκυματικού σήματος
 - Σε κυκλώματα διακοπών, εξασθενητών και περιοριστών
 - Σε κυκλώματα διαμόρφωσης πλάτους ή φάσης
 - Σε διατάξεις ελέγχου/ρύθμισης της φάσης (φασιθέτες)



Ισοδύναμο διόδου PIN στις μικροκυματικές συχνότητες

- $Z_r = R_r + j \left(\omega L_i - \frac{1}{\omega C_j} \right)$

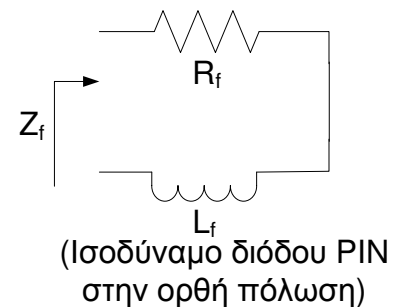
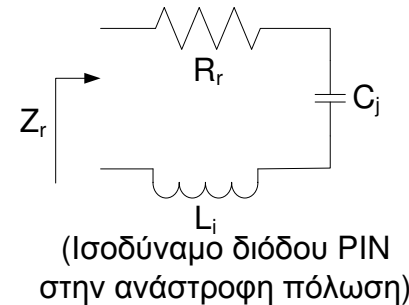
- R_r : αντίσταση καναλιού της περιοχής I. (5 Ω)

- L_i : επαγωγή λόγω της συσκευασίας της διόδου (0.5nH ή μικρότερη)

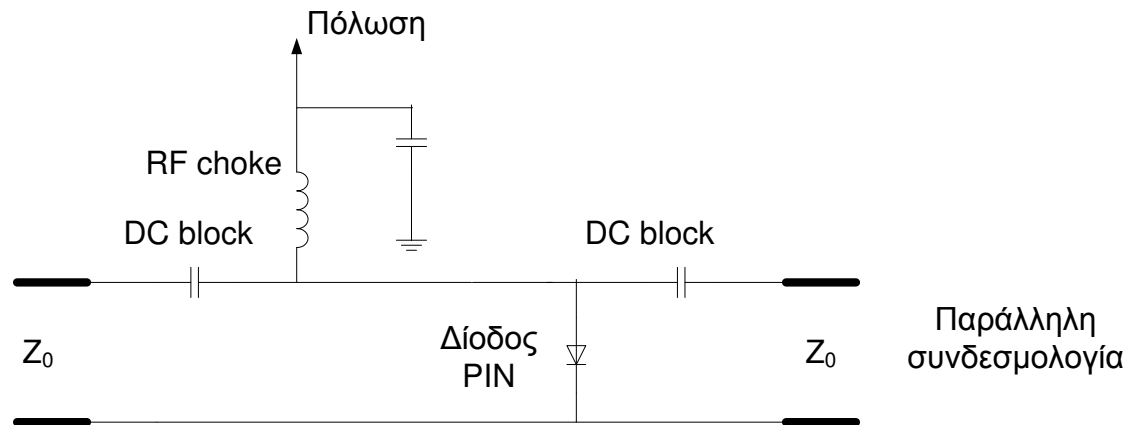
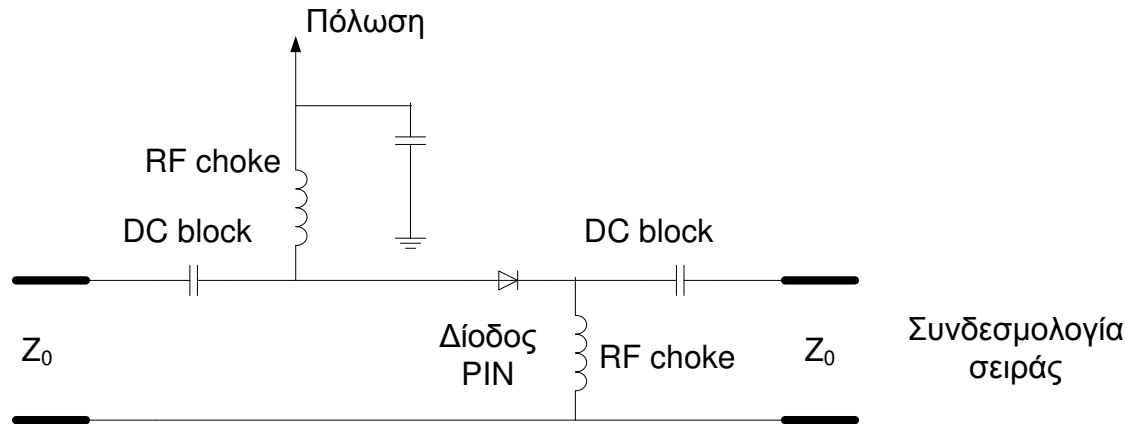
- C_j : Μικρή χωρητικότητα επαφής (1pF ή μικρότερη)

- $Z_f = R_f + j\omega L_i$

- R_f : μικρή αντίσταση που ελέγχεται από το ρεύμα πόλωσης της διόδου (1 Ω)



Διακόπτης μονού πόλου διόδου PIN

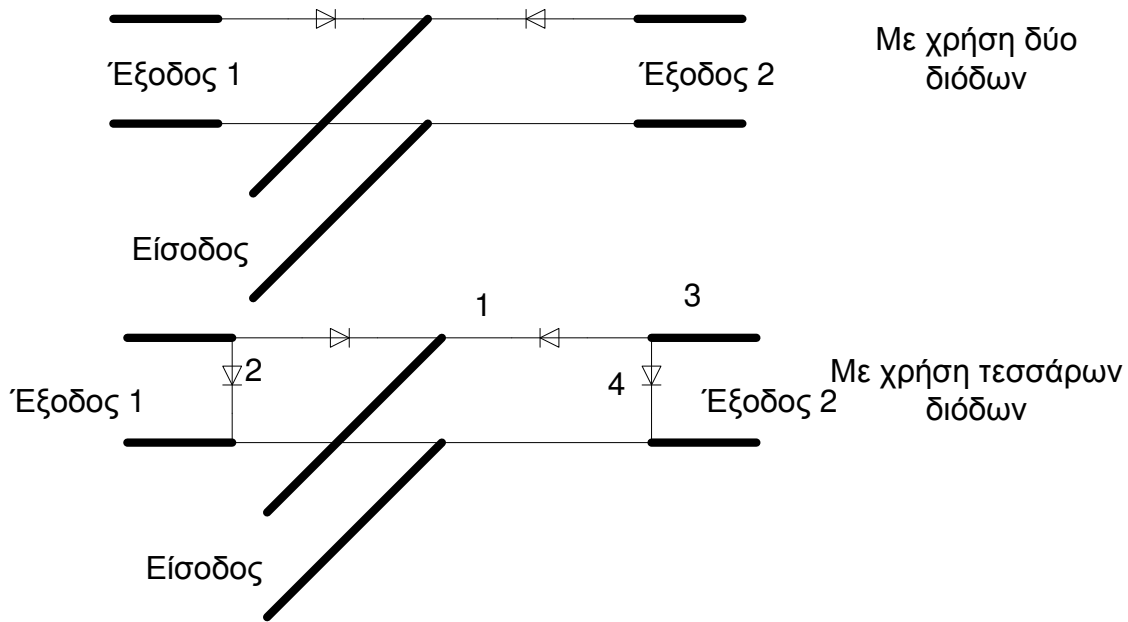


Διακόπτης μονού πόλου διόδου PIN- Λειτουργία

- Συνδεσμολογία σειράς:
 - ❑ Ο διακόπτης είναι ON όταν η διάδος είναι ορθά πολωμένη
 - ❑ Ο διακόπτης είναι OFF όταν η διάδος είναι ανάστροφα πολωμένη, οπότε και ανακλάται σχεδόν το σύνολο της ισχύος εισόδου
- Παράλληλη συνδεσμολογία:
 - ❑ Ο διακόπτης είναι ON, όταν η διάδος είναι ανάστροφα πολωμένη εφόσον αυτή συνδέεται παράλληλα στη γραμμή
 - ❑ Ο διακόπτης είναι OFF, όταν η διάδος είναι ορθά πολωμένη
- Στην πράξη η κατάσταση ON του διακόπτη εισάγει απώλειες, ενώ στην κατάσταση OFF η απόσβεση δεν είναι άπειρη.
- Απώλειες εισαγωγής $IL = -20 \log|T|$ (dB), όπου T ο συντελεστής μετάδοσης στην έξοδο του διακόπτη.



Κυκλώματα ελέγχου ροής μεταξύ δύο γραμμών



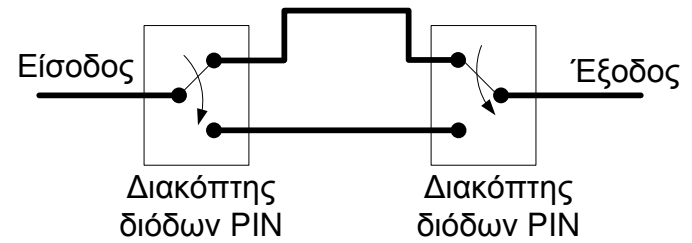
Φασιθέτες διόδων PIN -Γενικά

- Κυκλώματα ρύθμισης της φάσης μέσω του ελέγχου της πόλωσης των διόδων
- Σύγκριση με τους φασιθέτες φερρίτη:
 - Μικρότερο μέγεθος, ευκολότερη ολοκλήρωση και υψηλότερη ταχύτητα
 - Υψηλότερη κατανάλωση ισχύος
- Κατηγορίες φασιθετών διόδων PIN:
 - Διακοπτόμενης γραμμής
 - Φορτισμένης γραμμής
 - Ανάκλασης

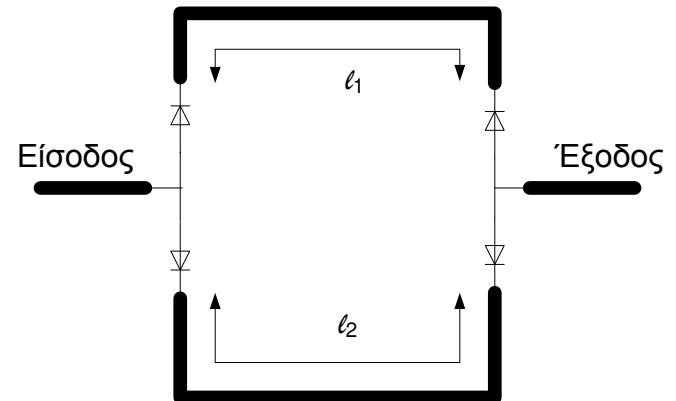


Φασιθέτες διακοπτόμενης γραμμής

- Δύο διακόπτες διόδων ελέγχουν τη ροή μέσα από δύο γραμμές διαφορετικού μήκους, που συνεπώς εισάγουν διαφορετική φάση.
- $\Delta\varphi = \beta(l_2 - l_1)$
- Σχεδιάζονται για δυαδική ολίσθηση φάσης, υλοποιώντας δυαδικά ψηφία που αντιστοιχούν σε $\Delta\varphi = \pi, \pi/2, \pi/4, \dots$
- Προβλήματα στην υλοποίηση:
 - ❑ Μειωμένη απομόνωση της μη επιλεγμένης γραμμής από το υπόλοιπο κύκλωμα
 - ❑ Πιθανότητα δημιουργίας φαινομένων συντονισμού αν το μήκος των γραμμών είναι κοντά στο $\lambda/2$



(α) Γενική αρχή λειτουργίας

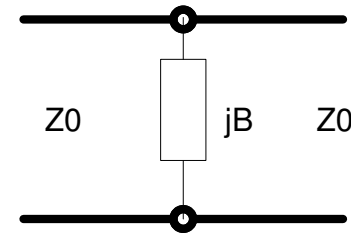


(β) Υλοποίηση με χρήση γραμμών μικροταινίας



Φασιθέτες φορτισμένης γραμμής

- Συντελεστής μετάδοσης $T = \frac{2 \frac{1}{jB}}{2 \frac{1}{jB} + Z_0}$
ή σε κανονικοποιημένη μορφή
 $T = \frac{2}{2 + jb} \equiv \frac{2}{\sqrt{4 + b^2}} \angle -\tan^{-1}(b/2)$
- Η ολίσθηση φάσης $\Delta\varphi = -\tan^{-1}(b/2)$ εξαρτάται από την κανονικοποιημένη επιδεκτικότητα $b = \frac{B}{1/Z_0} = BZ_0$
- Υπάρχουν απώλειες εισαγωγής (το μέτρο του T εξαρτάται από το b). Αύξηση της ολίσθησης φάσης οδηγεί σε αύξηση των απωλειών εισαγωγής.



Φόρτιση γραμμής μεταφοράς από την επιδεκτικότητα B για την εισαγωγή ολίσθησης φάσης

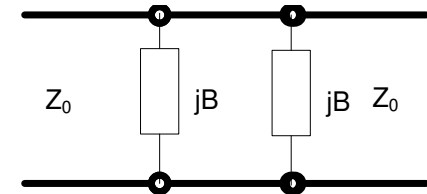


Φασιθέτες φορτισμένης γραμμής- Πρακτική υλοποίηση

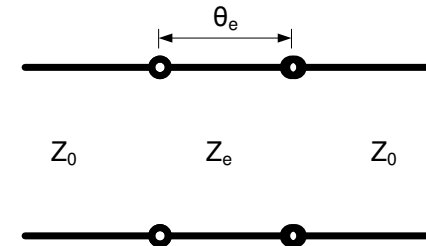
- Για το (α) κύκλωμα

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ jB & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & jZ_0 \\ j/Z_0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ jB & 1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} -Z_0 B & jZ_0 \\ j \left(\frac{1}{Z_0} - B^2 Z_0 \right) & -BZ_0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

- Το (β) κύκλωμα είναι ισοδύναμο του (α) αν $\cos\theta_e = -BZ_0 = -b$ και $Z_e = \frac{Z_0}{\sqrt{1-b^2}}$
- Το κύκλωμα αυτό έχει περιορισμένες απώλειες εισαγωγής



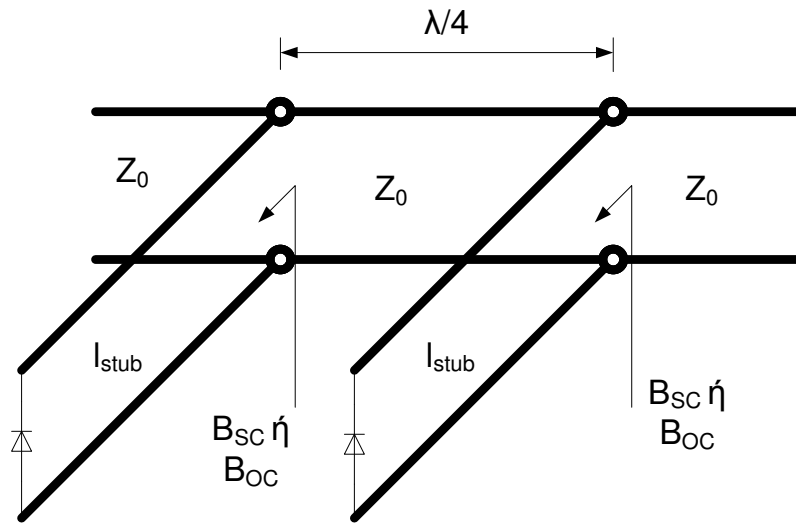
(α) Πρακτική υλοποίηση φασιθέτη φορτισμένης γραμμής



(β) Ισοδύναμο γραμμής μεταφοράς του κυκλώματος (α)

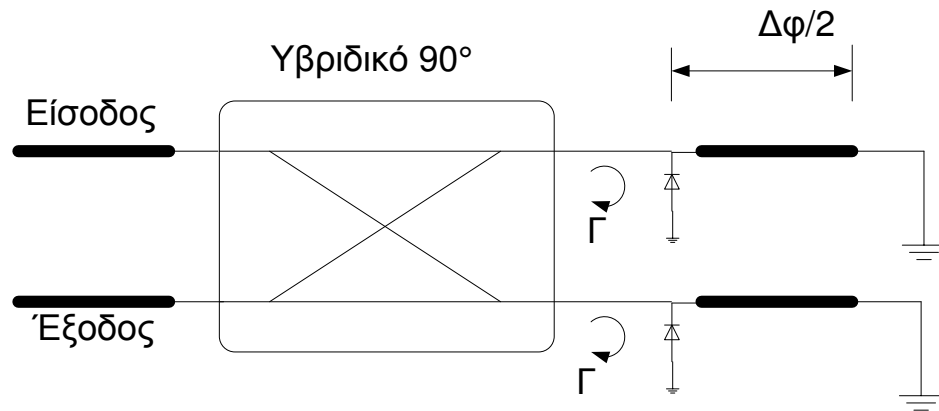


Φασιθέτες φορτισμένης γραμμής με χρήση κλαδωτών



Φασιθέτες ανάκλασης

- Οι δύο όμοια πολωμένες δίοδοι χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν την πορεία του ανακλώμενου σήματος
- Τα δύο ανακλώμενα σήματα προστίθενται σε φάση στη θύρα 4 του υβριδικού, η οποία είναι και έξοδος του φασιθέτη.
- Αν οι δίοδοι είναι ON (βραχυκυκλώματα) $\Gamma = e^{j\varphi}$ ενώ αν είναι OFF (ανοιχτά κυκλώματα) τότε $\Gamma = e^{j\varphi} \times e^{j\Delta\varphi}$
- Η κατάσταση των διόδων ελέγχει συνεπώς τη φάση



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.00**.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Σταύρος Κουλουρίδης. «Μικροκυματικές διατάξεις. Ανιχνευτές, μείκτες και δίοδοι PIN». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/EE775>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

