

Ραντάρ Συνεχούς Κύματος - CW.

- Στο παθητικό ραντάρ ο διαχωρισμός εκπεμπόμενου και λαμβανόμενου σήματος γίνεται με βάση τις διαφορετικές χρονικές στιγμές εμφάνισης των ανιχνεύσιμων παλμών (ο δέκτης υφίσταται και την εμπομπή).
- Στο ραντάρ συνεχούς κύματος CW (εκαθάρει συνεχώς), ο διαχωρισμός γίνεται με βάση το φαινόμενο Doppler. \leftrightarrow Κινοούμενοι στόχοι.

Φαινόμενο doppler

Απόσταση ραντάρ - στόχου - ραντάρ σε μέτρο κύματος = $2R/\lambda$

Μεταβολή φάσης του σήματος πηχός $\Phi = 2\pi \cdot 2R/\lambda = \beta \cdot r$

Αν ο στόχος κινείται με ταχύτητα $U_r = \frac{dR}{dt}$ ως προς το ραντάρ, τότε και η φάση Φ θα μεταβάλλεται με τον χρόνο. Αυτό ισοδυναμεί με μεταβολή στη συχνότητα του σήματος πηχός:

$$\omega_d = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{4\pi}{\lambda} \cdot \frac{dR}{dt} = \frac{4\pi}{\lambda} \cdot U_r \text{ και } \omega_d = 2\pi f_d \Rightarrow \boxed{f_d = 2 \frac{U_r}{\lambda}}$$

Μετατόπιση συχνότητας Doppler: $f_d = 2 \frac{U_r}{\lambda} = 2 U_r \cdot \frac{f_0}{c}$

όπου: $U_r = U \cos \theta$ και $\theta =$ γωνία διεύθυνσης ραντάρ - στόχου και \vec{v}
 $f_0 =$ συχνότητα λειτουργίας

Συχνότητα σήματος πηχός: $f_0 \pm f_d$

Αν ο στόχος πλησιάζει, η απόσταση μειώνεται $\frac{dR}{dt} < 0 \Rightarrow f_{\text{πηχός}} = f_0 + f_d$
 -||- -||- απομακρύνεται, -||- μεγαλώνει $\frac{dR}{dt} > 0 \Rightarrow f_{\text{πηχός}} = f_0 - f_d$

Προσοχή! Διαδοχή Ηλεκτρομαγνητικών κύματος είναι:

$\alpha \cdot e^{-j\beta r}$ προς τα δεξιά r και $\Phi_1 = -\beta r = -\frac{2\pi}{\lambda} r \Rightarrow \frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot (-\frac{dr}{dt})$
 $\alpha \cdot e^{+j\beta r}$ -||- -||- αριστερά r $\Phi_1 = +\frac{2\pi}{\lambda} r \Rightarrow \frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{2\pi}{\lambda} (+\frac{dr}{dt})$

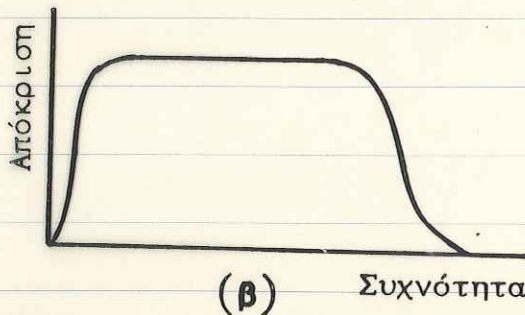
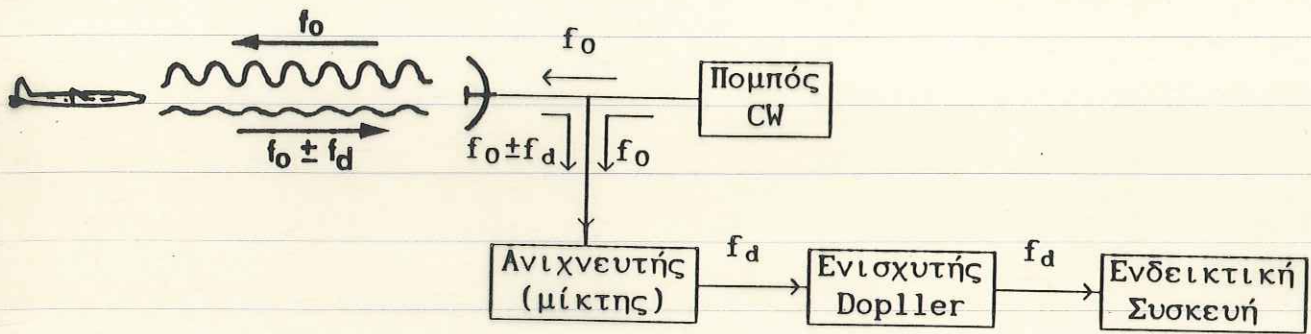
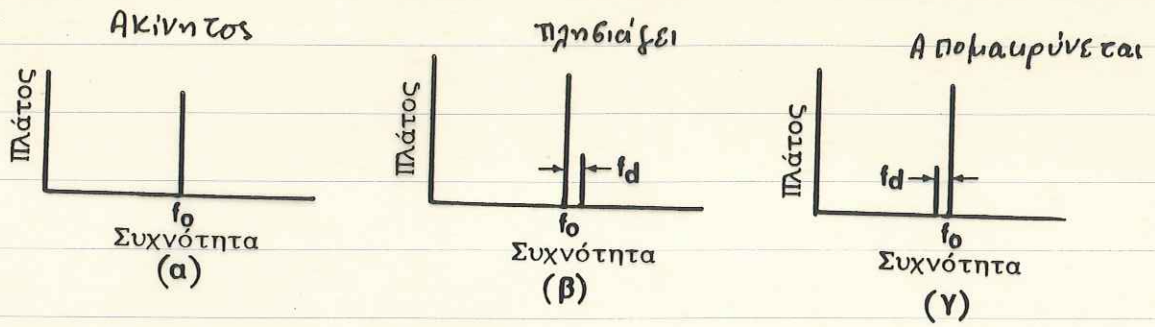
\rightarrow θετικά $r \rightarrow$ απομακρυνόμενοι στόχοι \rightarrow αρνητική $f_d \rightarrow$ μείωση συχνότητας $f_0 - f_d$
 \rightarrow αρνητικά $r \rightarrow$ πλησιάζοντες στόχοι \rightarrow θετική $f_d \rightarrow$ αύξηση συχνότητας $f_0 + f_d$

Εφαρμογές των Ραντάρ CW

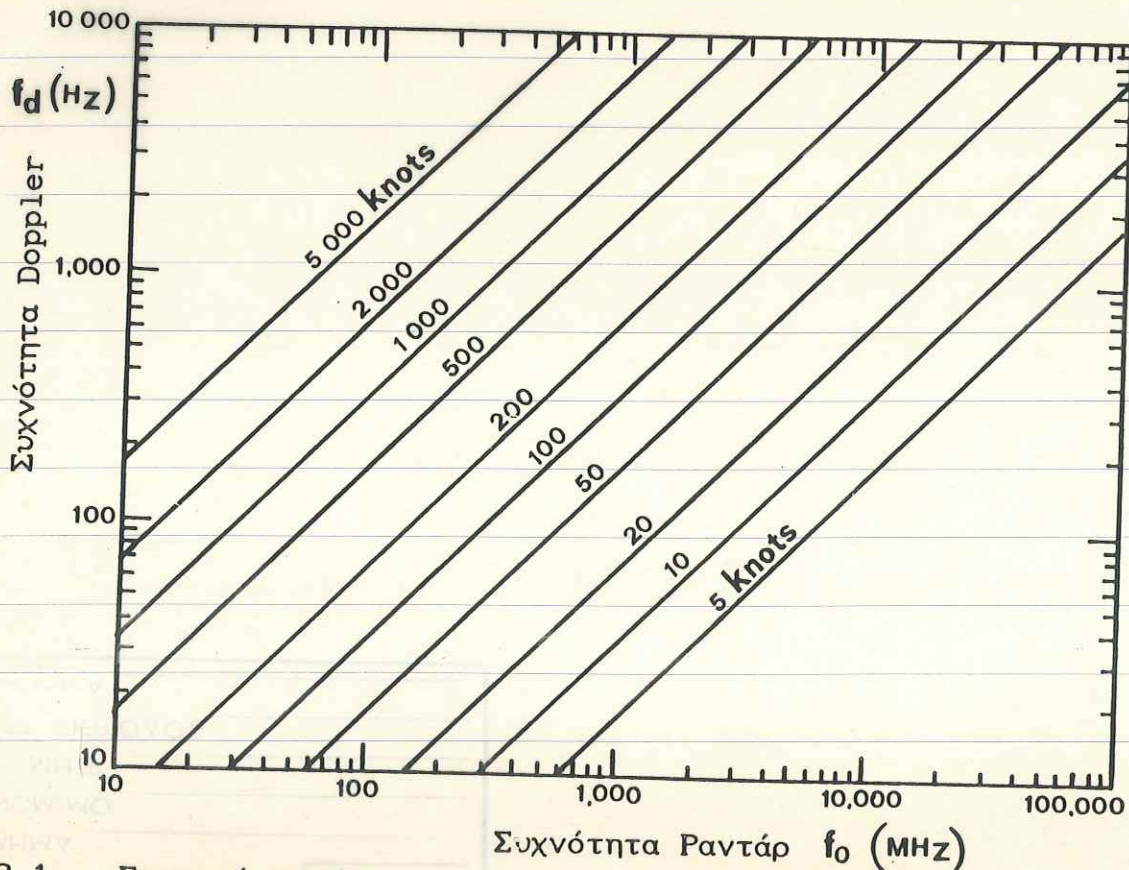
- Τροχαία: Έλεγχος οδικής κυκλοφορίας
- Μέτρηση ρυθμού ανύψωσης αεροσκαφών
- Ταχύμετρα Τραίνων
- Μέτρηση κραδασμών πλευρικών στροφίλου
- Διαστημικές - Εφαρμογές \leftrightarrow Σύστημα Spacetrack: 16x15 ασματά 1 MW
 $f_0 = 216 \text{ MHz}$, κεραία εμπομπής μήκους 2 μέτρων.

ΡΑΝΤΑΡ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ CW

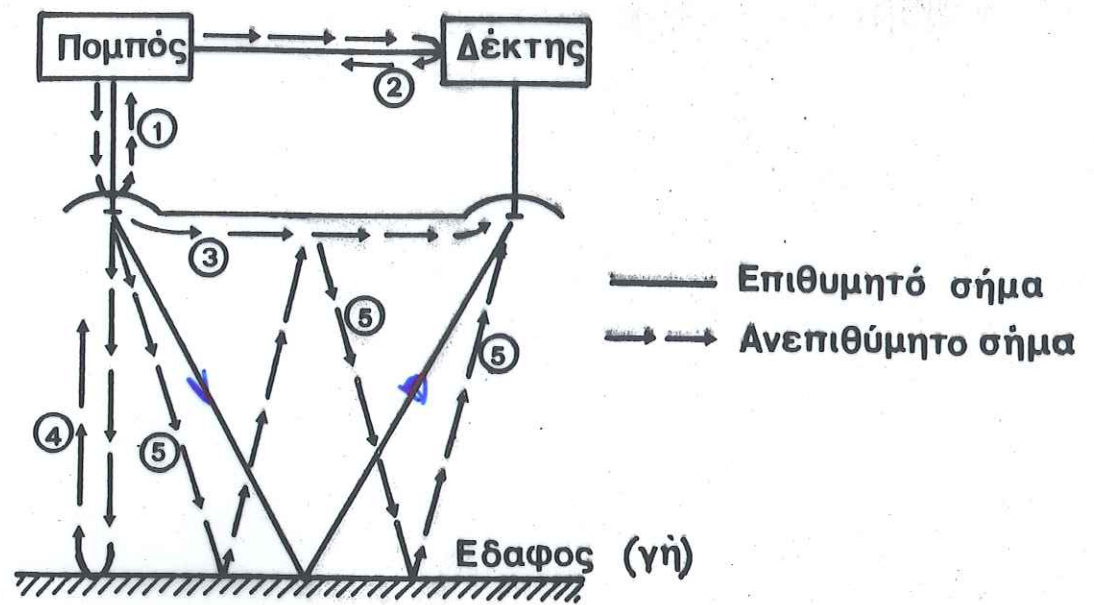
Στόχος:



Σχήμα 3.2. (α) Μπλόκ διάγραμμα απλού ραντάρ CW και (β) Χαρακτηριστική απόκριση συχνότητας του ενισχυτή doppler.



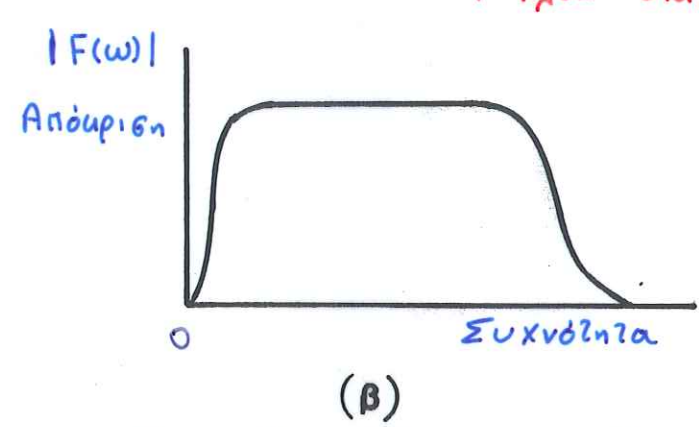
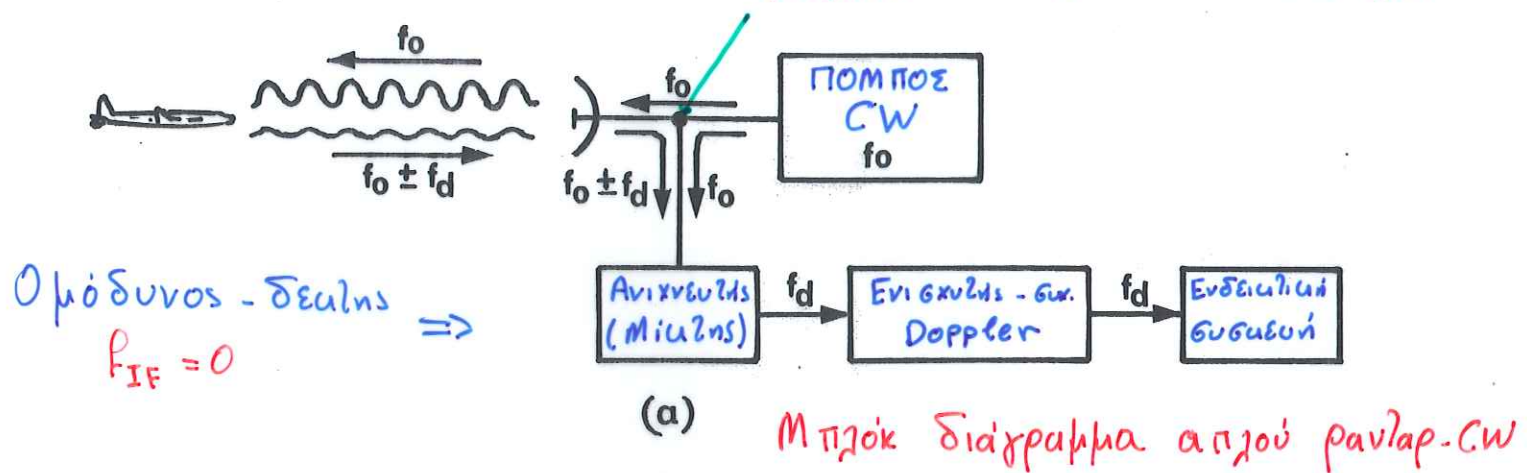
Σχήμα 3.1. Γραφική παράσταση της συχνότητας doppler (f_d) συναρτήσει της συχνότητας εκπομπής (f_0).



Σχήμα 3.13. Ανεπιθύμητα σήματα στο FM-ραδιο-υψόμετρο

Αρχή λειτουργίας Ραντάρ CW.

Κυκλοφορητής - Υβριδική σύνδεση...



Μιχλός: Είσοδος: $A \cos(f_0 \pm f_d)$ και $B \cos f_0$
 Έξοδος: $A \cos(f_0 \pm f_d) \cdot B \cos f_0 = \frac{AB}{2} [\cos f_d + \cos(2f_0 \pm f_d)]$
 $= \frac{AB}{2} \cos f_d$

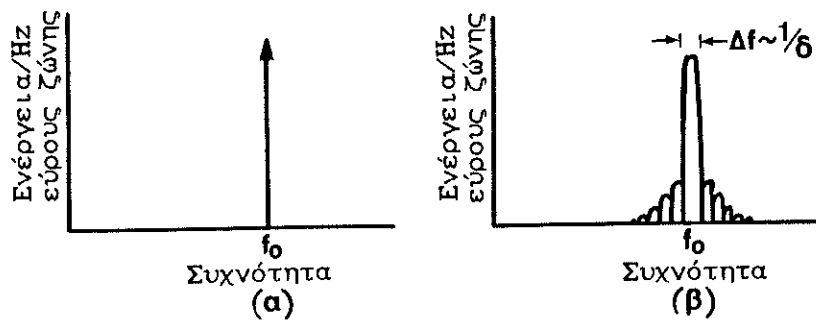
απουσιάζει:

Ενισχυτής Doppler: $\left\{ \begin{array}{l} \text{αριετή γνήϊ ώστε να αποκώπει } \omega_{in} \text{ d.e. } \rightarrow f_d = 0 \rightarrow \text{στάσιμ} \\ \text{αριετή χαμηλή ώστε να περνά η } (f_d) \text{ μιν} \\ \text{να επιβρεπει } \omega_{in} \text{ διεγρευση } \omega_{in} (f_d) \text{ max} \end{array} \right.$

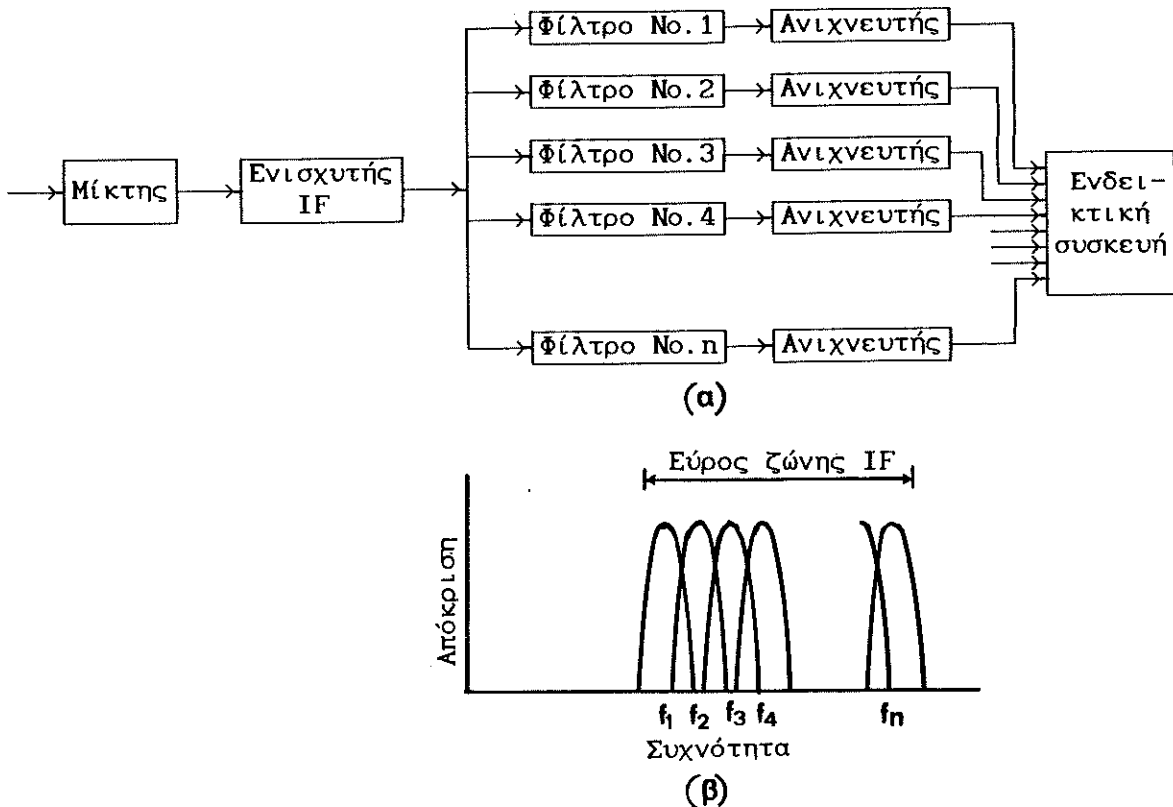
- Ενδεικτική Συσκευή:
- Ζευγαρι Αουσθια: Το αυτι δρα' σαν επιδευτιο' γωνοπερατο' φιλτρο με γωνη διεγρευσης $\approx 50 \text{ Hz}$ γυρω απο $\omega_{in} f_d$
 - Απαριθμητις Συχνότητας.

Ενδεικτικά: Ζώνη-X (8-12 GHz), $F = 9.41 \text{ GHz}$ } $f_d \approx 20 \text{ kHz}$
 $v_r = 300 \text{ m/sec} = 1080 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

Ταχύτητα $1 \text{ ft/sec} = 0.3048 \text{ m/sec} = 1.1 \frac{\text{km}}{\text{h}} \leftrightarrow f_d \approx 20 \text{ Hz}$

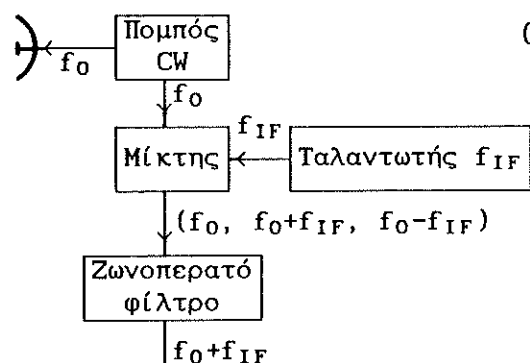


Σχήμα 3.5. Φάσμα συχνοτήτων ημιτονοειδούς κύματος (CW) συχνότητας f_0
 α) άπειρης διάρκειας και β) πεπερασμένης διάρκειας δ .

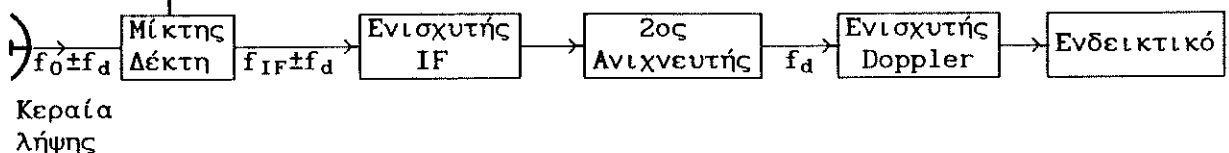


Σχήμα 3.6. α) Μπλοκ διάγραμμα n-φίλτρων στενής ζώνης τοποθετημένων στη βαθμίδα IF, και
 β) Απόκριση συχνοτήτων των n-φίλτρων.

Κεραία εκπομπής

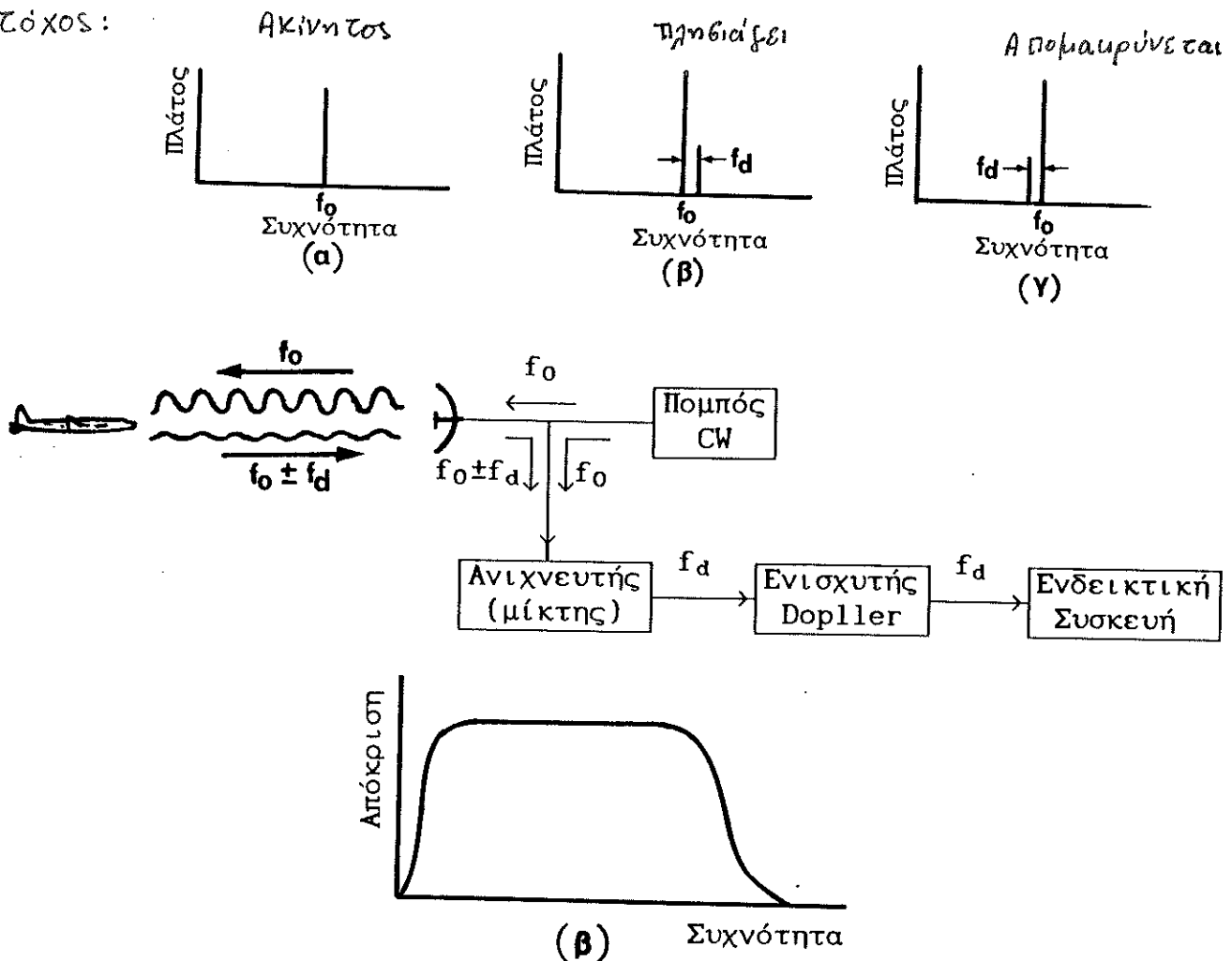


Μπλοκ διάγραμμα ραντάρ CW με υπερετερόδουνο δέκτη (μη μηδενικής IF συχνότητας).

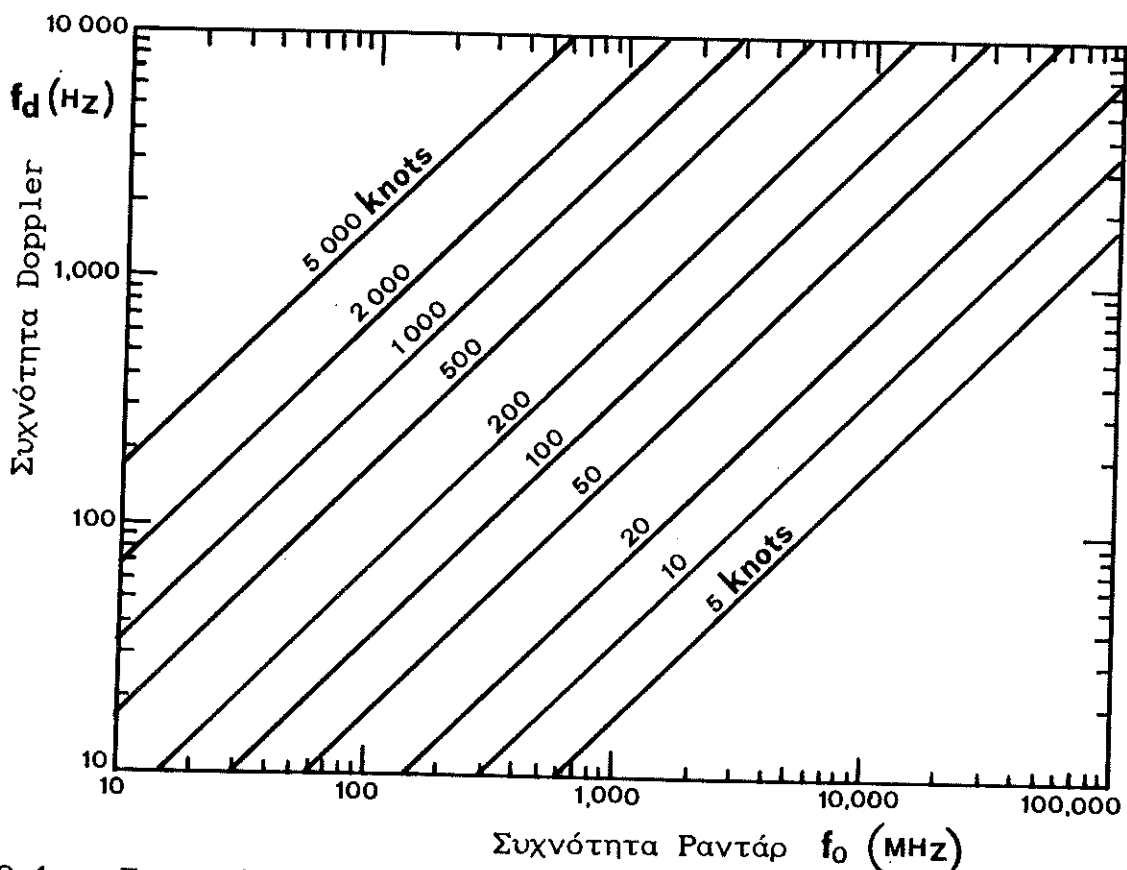


Κεραία λήψης

Σ Τόχος :



Σχήμα 3.2. (α) Μπλόκ διάγραμμα απλού ραντάρ CW και (β) Χαρακτηριστική απόκρισης συχνότητας του ενισχυτή doppler.



Σχήμα 3.1. Γραφική παράσταση της συχνότητας doppler (f_d) συναρτήσει της συχνότητας εκπομπής (f_0).

Απομόνωση μεταξύ πομπού και δέκτη

Το ποσό ισχύος που διαρρέει από τον πομπό στο δέκτη περιορίζεται από:

- α) Μέγιστη επιτρεπτή ισχύς ελκυστικής εισόδου του δέκτη (καταβροχή, μείωση ευαισθησίας)
- β) Μέγιστη επιτρεπτή ισχύς θορύβου ελκυστικής εισόδου του δέκτη (βόμβος πομπού, μικροφωνισμοί, παρασιτικός θόρυβος, θόρυβος αστάθειας)

Παράδειγμα:

Ισχύς πομπού **1 kW**

Μέγιστη ισχύς εισόδου δέκτη **10 mW**
Αποβροχή καταβροχής

$$\left. \begin{array}{l} \text{Απαιτούμενη Απομόνωση} = \\ = 10 \log \frac{10^3 \text{ W}}{10 \cdot 10^{-3} \text{ W}} = \underline{50 \text{ dB}} \end{array} \right\}$$

Ισχύς σήματος διαρροής πομπού → δέκτη **10 mW**

Ελάχιστη ανιχνεύσιμη ισχύς δέκτη **10^{-13} W**
Αποβροχή μείωσης ευαισθησίας του δέκτη. = 100 dBm

$$\left. \begin{array}{l} \text{Απαιτούμενη Απομόνωση} \\ = 10 \log \frac{10 \cdot 10^{-3} \text{ W}}{10^{-13} \text{ W}} = \underline{110 \text{ dB}} \end{array} \right\}$$

Συμπέρασμα: Η απαιτούμενη Απομόνωση καθορίζεται από την βλάβη του σήματος διαρροής πομπού → δέκτης

Τεχνικές Απομόνωσης Πομπού - Δέκτη

α) **Χωριστές Κεραίες** Εμπόμπης και Λήψης: (Απομόνωση 70 ÷ 120 dB)

- Τοποθέτηση μεταλλικών διαφραγμάτων ή απορροφητικών υλικών μεταξύ των δύο κεραιών.

β) **Κοινή Κεραία** - Διαχωρισμός Εκπεμπόμενου - Λαμβανόμενου

με κυκλοφορητή φερριτών - Απομόνωση 20 ÷ 50 dB

Υβριδική σύνδεση - - - - - 30 ÷ 60 dB (6 dB απώλειες)

Διασυνδεδεμένη σύνδεση - - - - - μέχρι 40 dB

Ορθογώνια γραμμικά πολωμένα σήματα ↔ μικρή απομόνωση ↔ Ραντάρ μικρής Εμβέλειας

Ομόδυνος - Υπερετερόδυνος Δέκτης.

Στα στοιχεία στερεάς κατάστασης (π.χ. Ανιχνευτής διόδου) παρουσιάζεται ο θόρυβος Τρεμοσβύματος (Flicker noise) με ισχύ προερχόμενη $\propto 1/f$. Δηλαδή είναι ισχυρός στις χαμηλές συχνότητες.

- Άρα ο ανιχνευτής του ομόδυνου δέκτη εισάγει σημαντικό ποσό θορύβου στο σήμα Video → εφαρμόζεται λόγω απρόληπτα στο Ραντάρ μικρής Εμβέλειας.

- Ο θόρυβος αυτός μειώνεται με την χρήση Υπερετερόδυνου δέκτη.