

Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα Ι

Διάλεξη 6: Διαμόρφωση Πλάτους (2/2)

Δρ. Μιχάλης Παρασκευάς
Επίκουρος Καθηγητής

Ατζέντα

- Διαμόρφωση Απλής Πλευρικής Ζώνης (SSB)
- Διαμόρφωση Υπολειπόμενης Πλευρικής Ζώνης (VSB)
- Μετατόπιση και Μίξη Συχνοτήτων
- Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνοτήτων (FDM)

Διαμόρφωση Απλής Πλευρικής Ζώνης

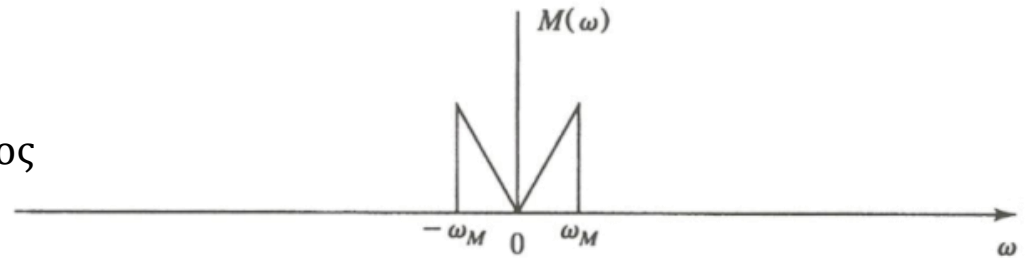
Single Side Band - SSB

Εισαγωγή

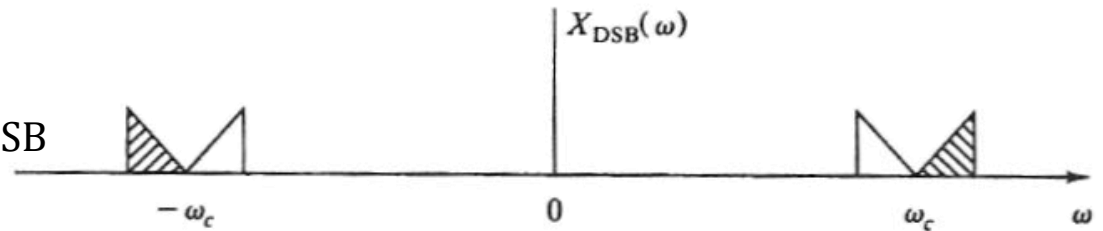
- Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα είναι ένας πολύτιμος δημόσιος πόρος.
- Η κανονική διαμόρφωση AM και η DSB απαιτούν εύρος ζώνης συχνοτήτων **διπλάσιο** από το εύρος ζώνης του μηνύματος που επιθυμούμε να μεταδώσουμε.
- Οι δύο πλευρικές ζώνες συχνοτήτων (άνω και κάτω πλευρική ζώνη) περιέχουν την ίδια ακριβώς πληροφορία, άρα για την εξασφάλιση της επικοινωνία αρκεί να χρησιμοποιηθεί η μια (οποιαδήποτε) από τις δύο ζώνες συχνοτήτων.
- Η διαμόρφωση **απλής πλευρικής ζώνης** (Single Side Band – SSB) έχει απαίτηση φάσματος **ίση** με το φάσμα του πληροφοριακού σήματος.
- Η SSB είναι πιο πολύπλοκη στην υλοποίησή της.

Φάσμα Σημάτων DSB και SSB

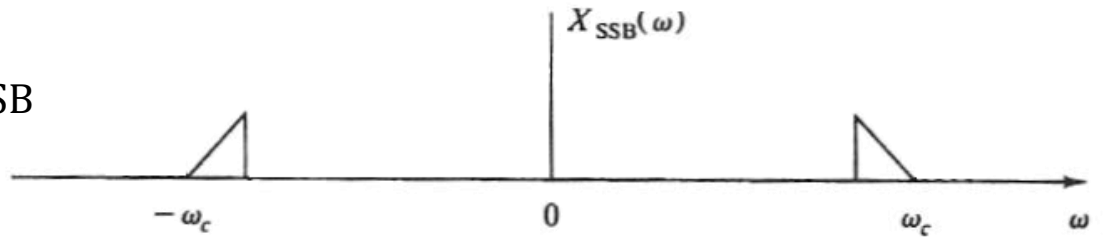
$M(\omega)$: Φάσμα πληροφοριακού σήματος



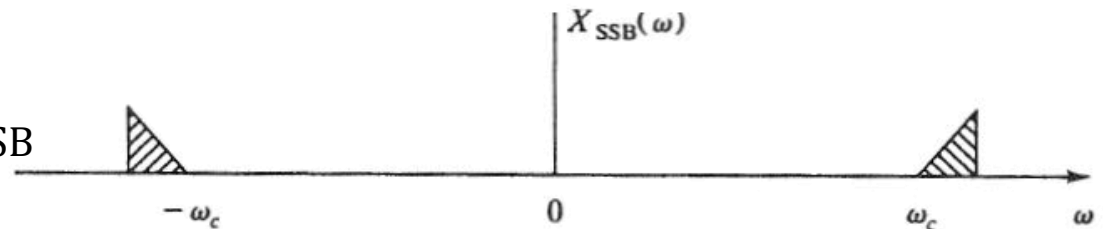
$X_{DSB}(\omega)$: Φάσμα διαμορφωμένου DSB



$X_{SSB}(\omega)$: Φάσμα διαμορφωμένου SSB
(κάτω ζώνη)



$X_{SSB}(\omega)$: Φάσμα διαμορφωμένου SSB
(άνω ζώνη)



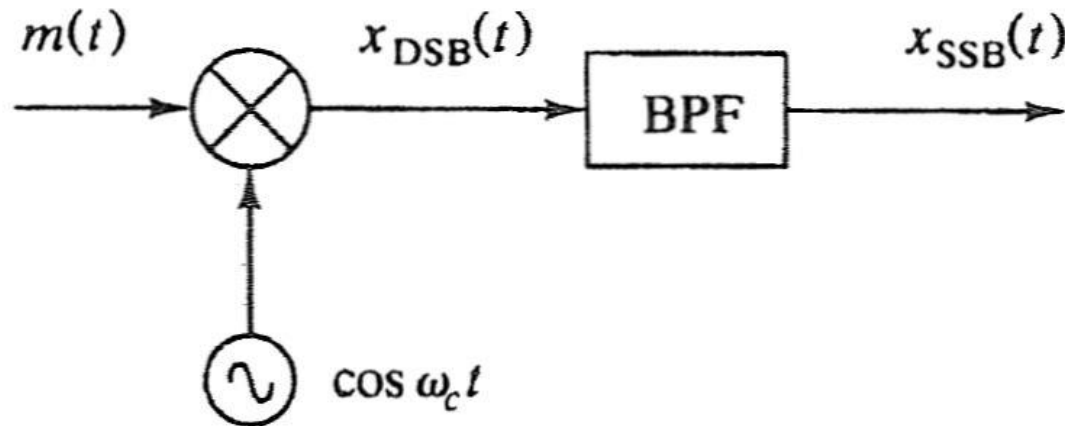
Δημιουργία Σημάτων SSB

Μέθοδος Διευκρίνησης Συχνότητας

Μέθοδος Μετατόπισης Φάσης

Μέθοδος Διευκρίνησης Συχνότητας (1/2)

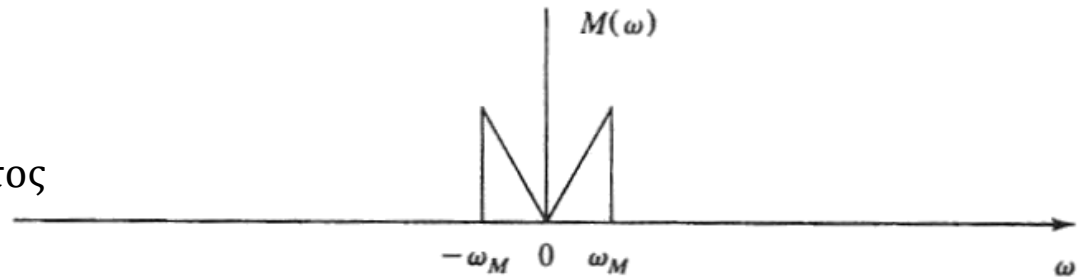
Στη μέθοδο αυτή δημιουργούμε πρώτα ένα DSB σήμα, και στη συνέχεια με ένα ζωνοπερατό φίλτρο (BPF) «κόβουμε» την μία από τις δύο πλευρικές ζώνες.



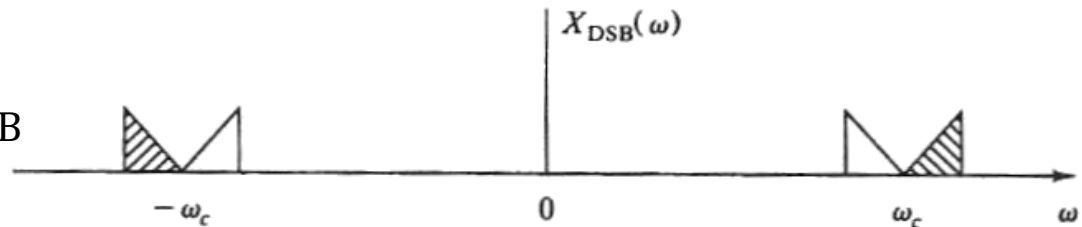
Αν και φαινομενικά απλή αυτή η μέθοδος, πάσχει από το γεγονός ότι απαιτείται ένα ζωνοπερατό φίλτρο με απότομη καμπύλη φασματικής απόκρισης.

Μέθοδος Διευκρίνησης Συχνότητας (2/2)

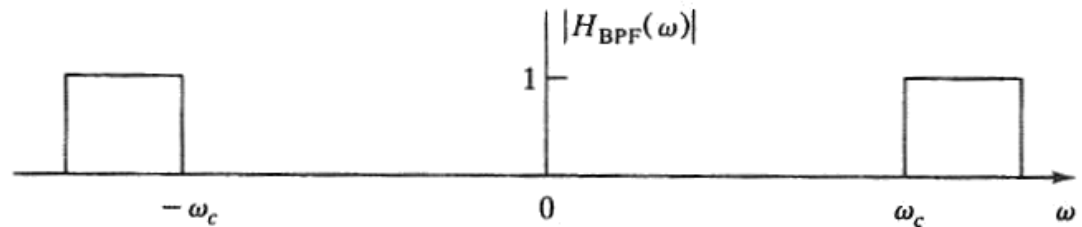
$M(\omega)$: Φάσμα πληροφοριακού σήματος



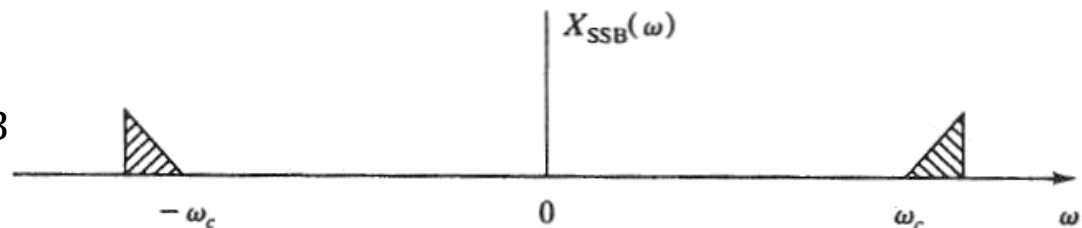
$X_{DSB}(\omega)$: Φάσμα διαμορφωμένου DSB



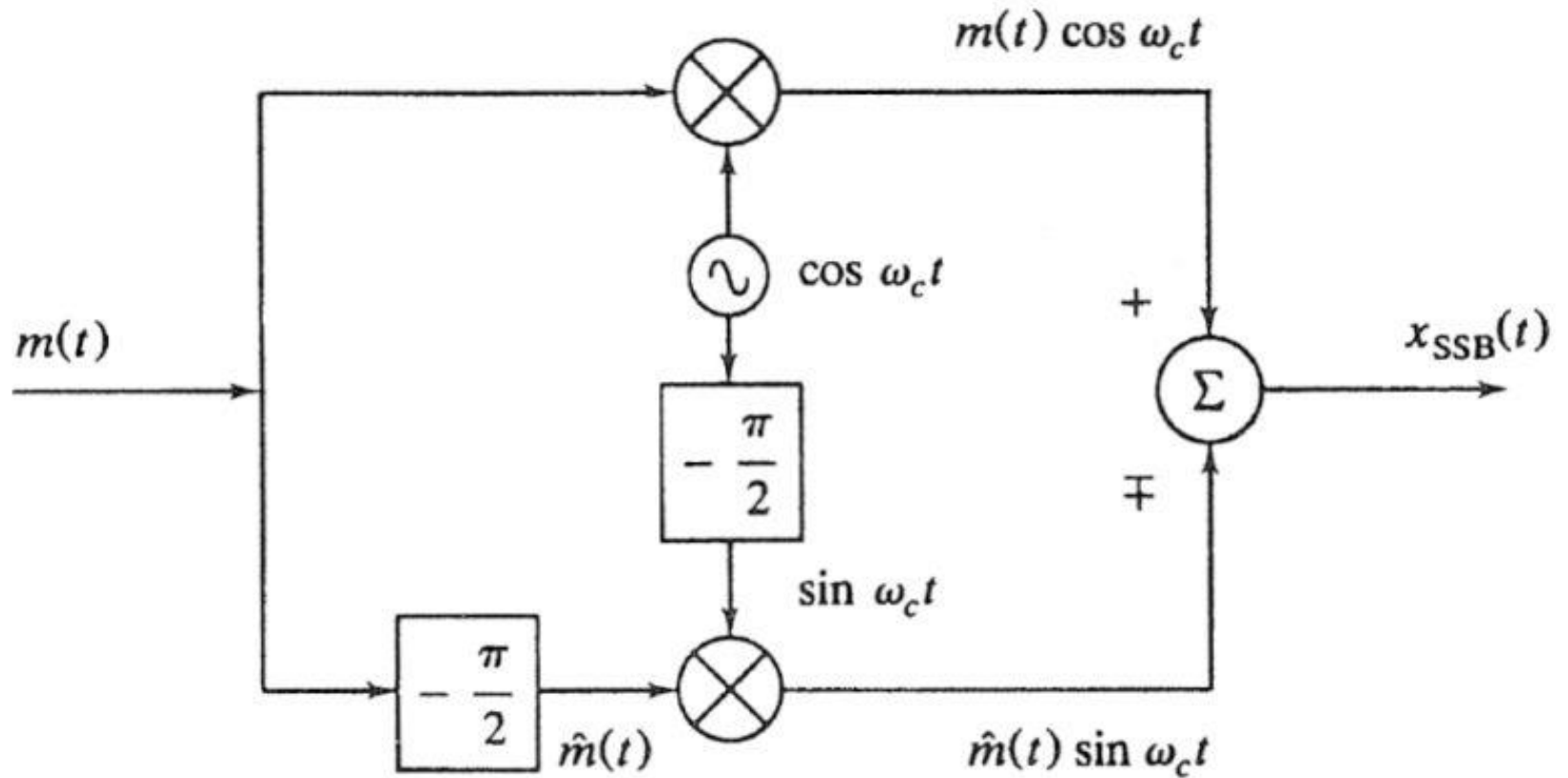
$|H_{BPF}(\omega)|$: Μέτρο της απόκρισης
συχνότητας ζωνοδιαβατού φίλτρου



$X_{SSB}(\omega)$: Φάσμα διαμορφωμένου SSB
(άνω ζώνη)



Μέθοδος Μετατόπισης Φάσης (1/2)



Μέθοδος Μετατόπισης Φάσης (2/2)

Θεωρώντας ότι το πληροφοριακό σήμα είναι απλού τόνου και χρησιμοποιώντας το σχήμα της προηγούμενης διαφάνειας, έχουμε:

$$\begin{aligned}m(t) &= \cos \omega_m t \\ \cos \left(\omega_c t - \frac{\pi}{2} \right) &= \sin \omega_c t \\ \hat{m}(t) &= \cos \left(\omega_m t - \frac{\pi}{2} \right) = \sin \omega_m t\end{aligned}$$

Επομένως, το σήμα στην έξοδο είναι:

$$y(t) = \cos \omega_m t \cos \omega_c t \mp \sin \omega_m t \sin \omega_c t$$

Με αφαίρεση λαμβάνουμε την άνω πλευρική ζώνη (Upper Side Band - USB):

$$y(t) = x_{USB}(t) = \cos(\omega_c + \omega_m)t$$

Με πρόσθεση λαμβάνουμε την κάτω πλευρική ζώνη (Lower Side Band - LSB):

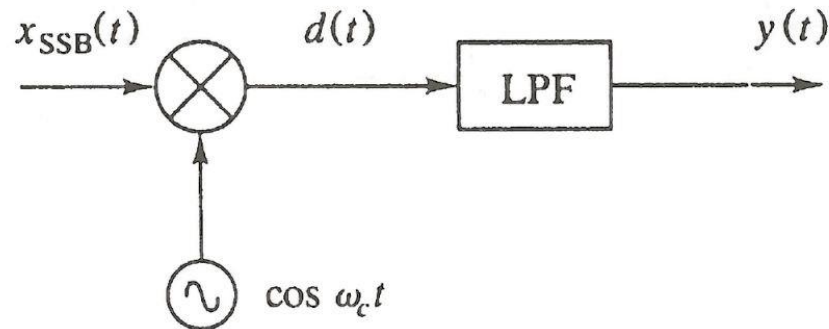
$$y(t) = x_{LSB}(t) = \cos(\omega_c - \omega_m)t$$

Αποδιαμόρφωση Σημάτων SSB

Σύμφωνη Ανίχνευση
Μέθοδος Μετατόπισης Φάσης

Σύμφωνη Ανίχνευση (1/2)

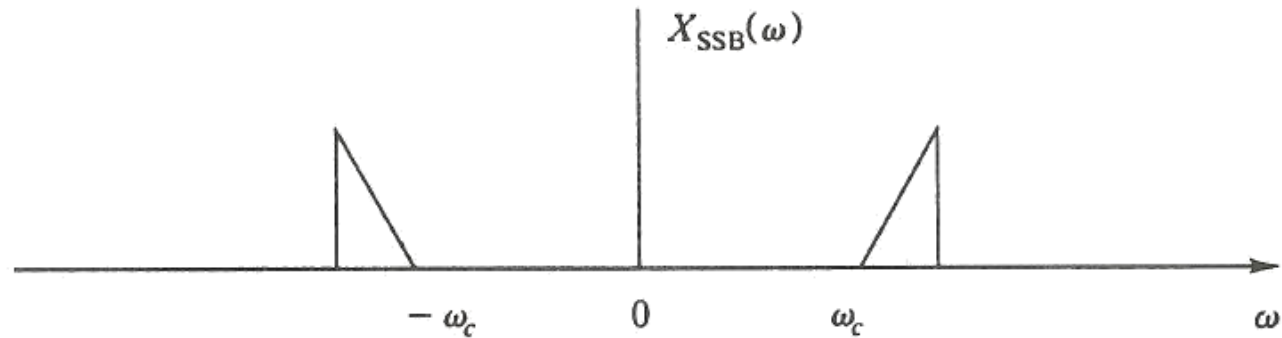
Σύμφωνος (σύγχρονος) ανιχνευτής (αποδιαμορφωτής) SSB:



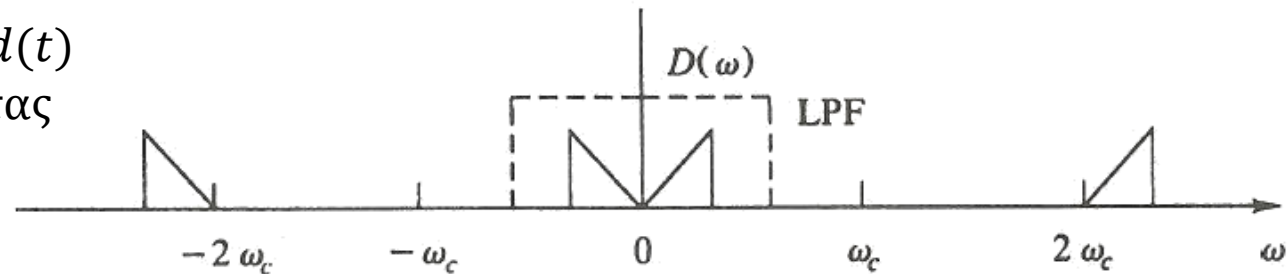
- Το διαμορφωμένο σήμα $x_{SSB}(t)$ πολλαπλασιάζεται με ένα **τοπικό φέρον** $\cos(\omega_c t)$ και το αποτέλεσμα $d(t)$ φιλτράρεται από ένα βαθυπερατό φίλτρο (LPF) για να προκύψει το αποδιαμορφωμένο σήμα $y(t)$.
- Φασματικά η λειτουργία αυτή παρουσιάζεται στην επόμενη διαφάνεια.
- Η τεχνική αυτή αντιμετωπίζει τα ίδια σοβαρά προβλήματα με την σύμφωνη ανίχνευση DSB σημάτων.

Σύμφωνη Ανίχνευση (2/2)

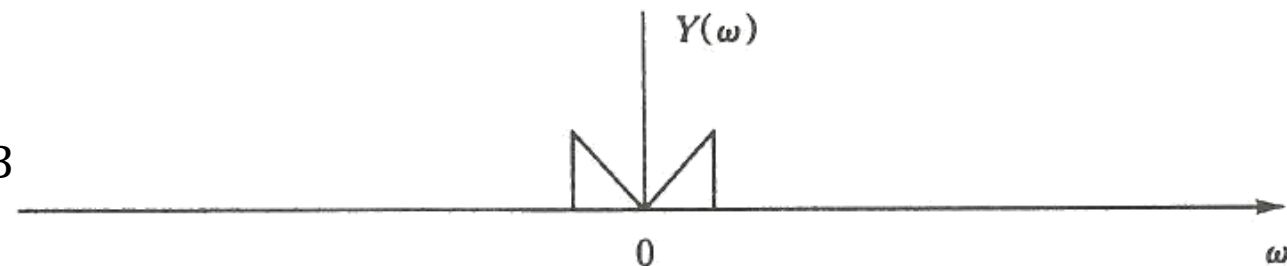
$X_{SSB}(\omega)$: Φάσμα
διαμορφωμένου SSB



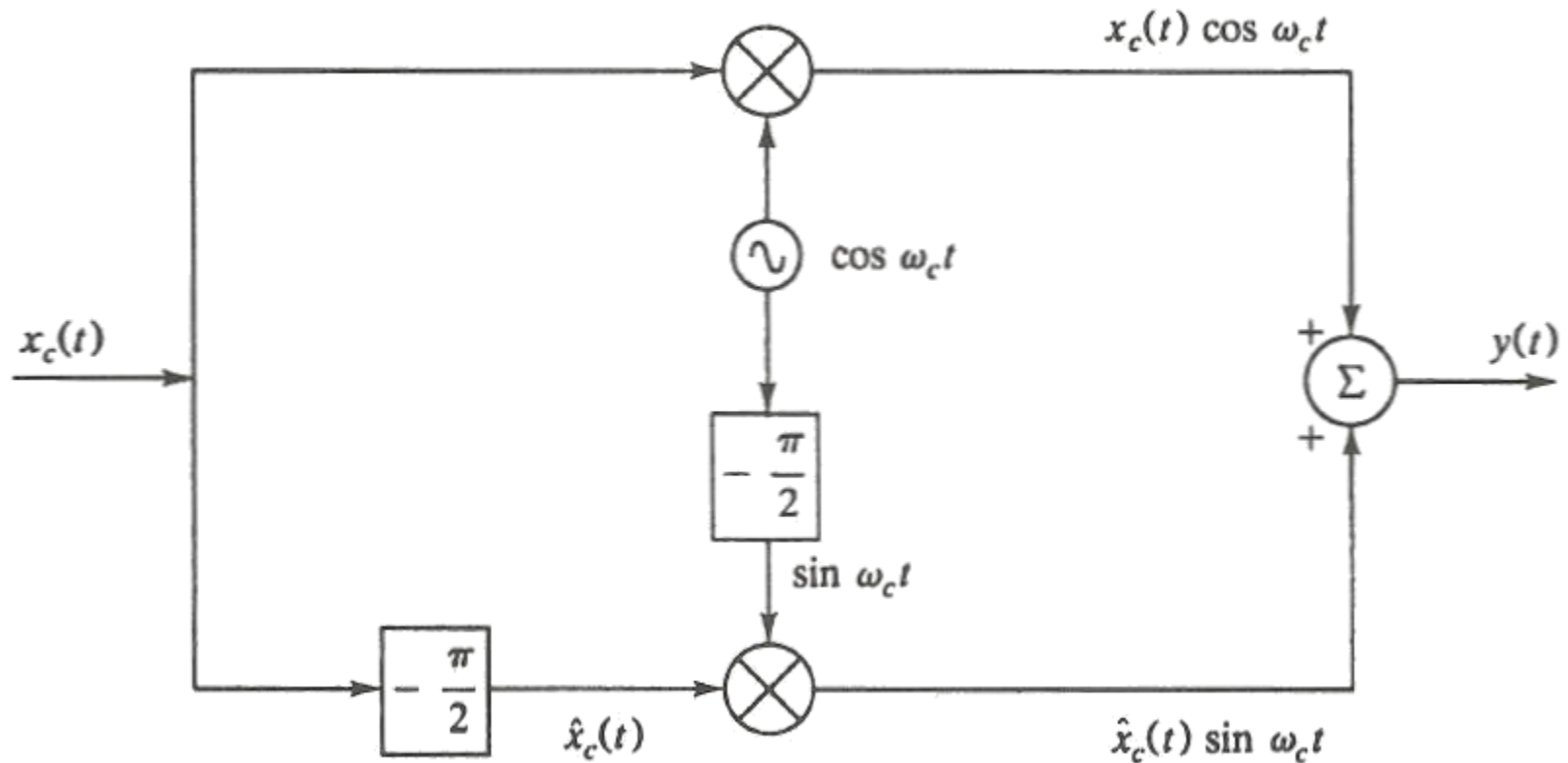
$D(\omega)$: Φάσμα σήματος $d(t)$
και απόκριση συχνότητας
βαθυπερατού φίλτρου



$Y(\omega)$: Φάσμα
αποδιαμορφωμένου SSB



Μέθοδος Μετατόπισης Φάσης (1/2)



Αποδιαμορφωτής SSB μετατόπισης φάσης

Μέθοδος Μετατόπισης Φάσης (2/2)

Το σήμα SSB της άνω πλευρικής ζώνης είναι $x_c(t) = m(t)\cos\omega_c t - \hat{m}(t)\sin\omega_c t$.

Αποδεικνύεται ότι ισχύει:

$$\hat{x}_c(t) = m(t)\sin\omega_c t + \hat{m}(t)\cos\omega_c t$$

Από το σχήμα της προηγούμενης διαφάνειας, έχουμε:

$$y(t) = x_c(t) \cos\omega_c t + \hat{x}_c(t) \sin\omega_c t = m(t)(\cos^2\omega_c t + \sin^2\omega_c t) = m(t)$$

Ομοίως, το σήμα SSB της κάτω πλευρικής ζώνης είναι $x_c(t) = m(t) \cos \omega_c t + \hat{m}(t) \sin \omega_c t$.

Ισχύει:

$$\hat{x}_c(t) = m(t) \sin \omega_c t - \hat{m}(t) \cos \omega_c t$$

Και από το σχήμα προκύπτει:

$$y(t) = x_c(t) \cos \omega_c t + \hat{x}_c(t) \sin \omega_c t = m(t)(\cos^2\omega_c t + \sin^2\omega_c t) = m(t)$$

Παρατηρούμε ότι το κύκλωμα μετατόπισης φάσης του αποδιαμορφωτή SSB είναι **πανομοιότυπο** με το κύκλωμα μετατόπισης φάσης του διαμορφωτή SSB, εκτός από την άθροιση στο τελικό σημείο σύνδεσης και για τις δύο περιπτώσεις.

Διαμόρφωση Υπολειπόμενης Πλευρικής Ζώνης

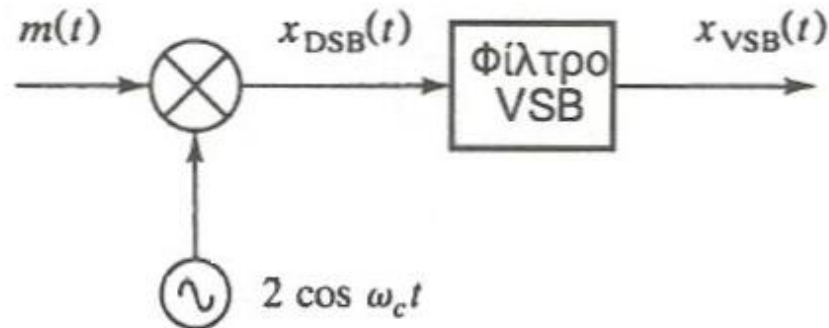
Vestigial Side Band - VSB

Ορισμός

- Η διαμόρφωση υπολειπόμενης πλευρικής ζώνης (Vestigial Side Band – VSB) είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ των DSB και SSB.
- Στην VSB η μία πλευρική ζώνη περνάει πλήρως, ενώ διατηρείται και ένα υπόλειμμα της άλλης πλευρικής ζώνης.
- Απαιτεί εύρος ζώνης συχνοτήτων περίπου 1,25 φορές του εύρους σήματος SSB.
- Η VSB χρησιμοποιείται για τη μετάδοση του video σήματος στην αναλογική και στην ψηφιακή τηλεόραση .

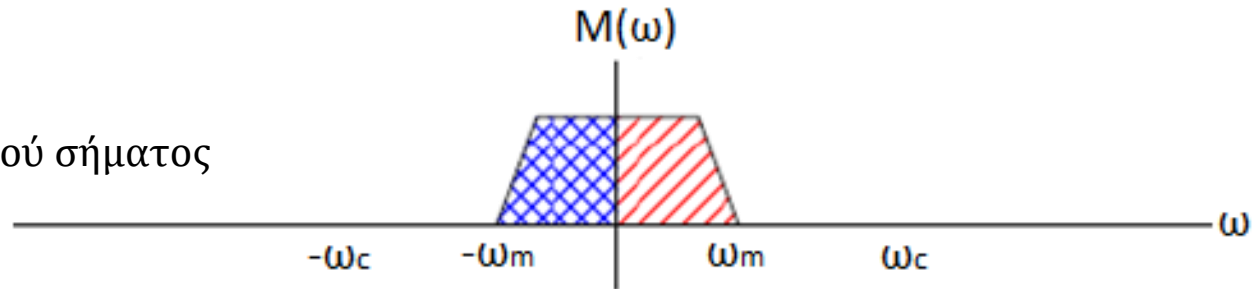
Δημιουργία Σημάτων VSB

Σήμα VSB παράγεται με τη διέλευση σήματος DSB μέσα από φίλτρο μορφοποίησης πλευρικής ζώνης.

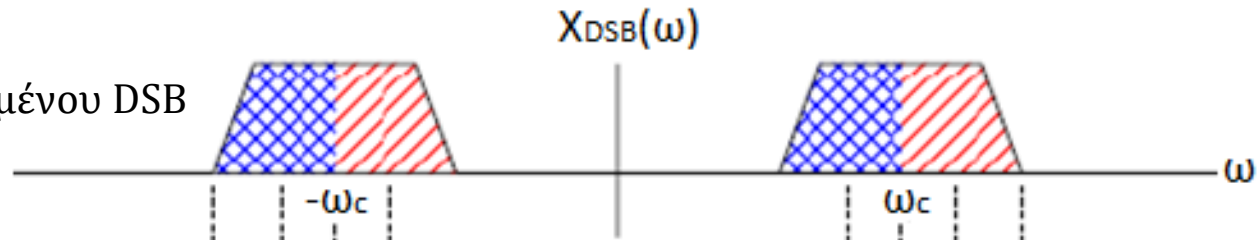


Φάσμα Σήματος VSB

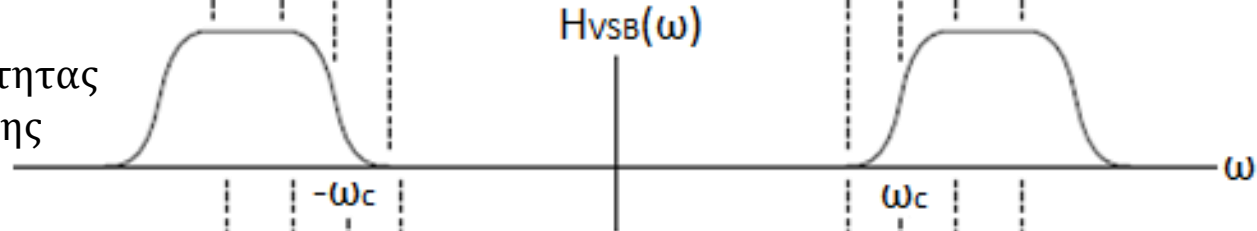
$M(\omega)$: Φάσμα πληροφοριακού σήματος



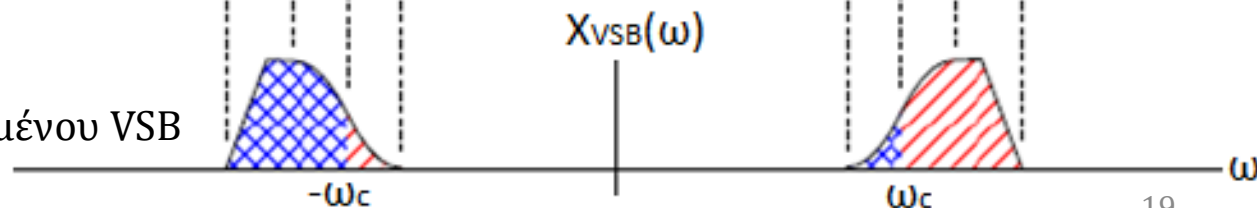
$X_{DSB}(\omega)$: Φάσμα διαμορφωμένου DSB



$|H_{VSB}(\omega)|$: Απόκριση συχνότητας φίλτρου υπολειπόμενης ζώνης

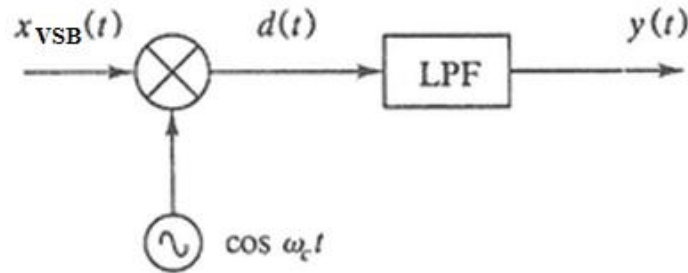


$X_{VSB}(\omega)$: Φάσμα διαμορφωμένου VSB



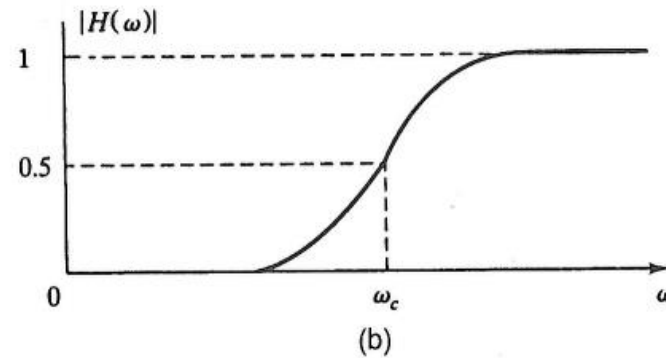
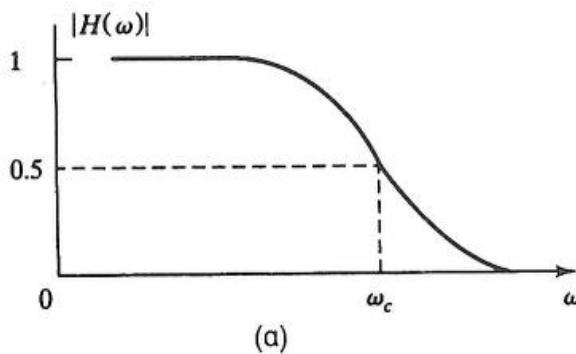
Αποδιαμόρφωση Σημάτων VSB (1/2)

Χρησιμοποιείται η σύμφωνη ανίχνευση.



Για ανάκτηση του $m(t)$ χωρίς παραμόρφωση, απαιτείται:

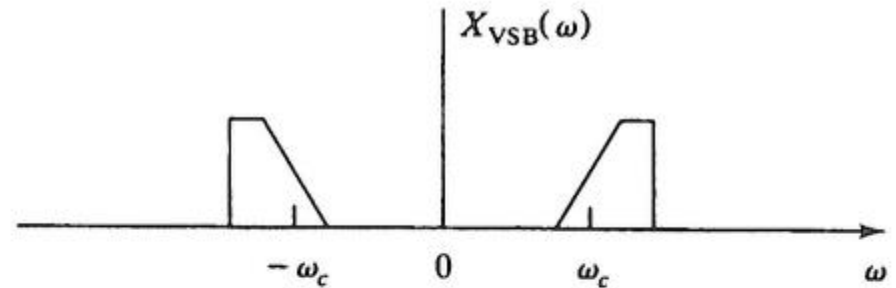
$$H(\omega + \omega_c) + H(\omega - \omega_c) = \text{σταθερά}, \quad \text{για } |\omega| \leq \omega_M$$



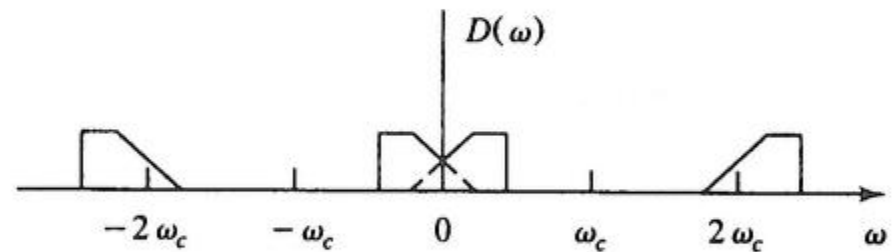
Απόκριση συχνότητας φίλτρου VSB

Αποδιαμόρφωση Σημάτων VSB (2/2)

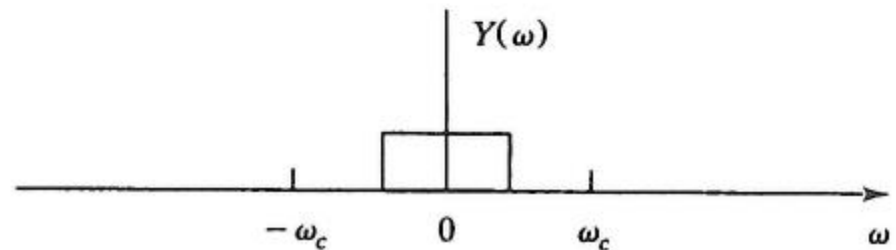
$X_{VSB}(\omega)$: Φάσμα VSB



$D(\omega)$: Φάσμα σήματος $d(t)$



$Y(\omega)$: Φάσμα σήματος $y(t)$

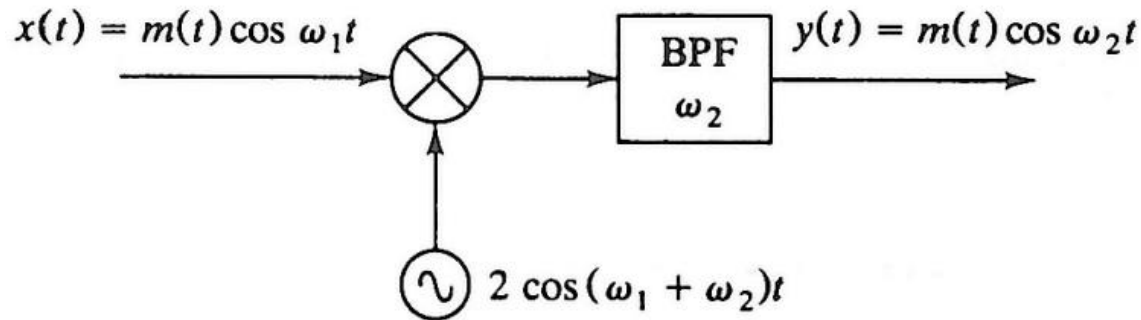


Μετατόπιση και Μίξη Συχνοτήτων

Ετεροδύνωση

Μετατόπιση και Μίξη Συχνοτήτων

Κατά την επεξεργασία σημάτων σε επικοινωνιακά συστήματα, επιθυμούμε να μετατοπίσουμε το διαμορφωμένο σήμα σε συγκεκριμένη περιοχή συχνοτήτων, π.χ. 455 KHz στα AM, επειδή εκεί έχουμε καλύτερη λειτουργία των διατάξεων.



Μίκτης συχνοτήτων

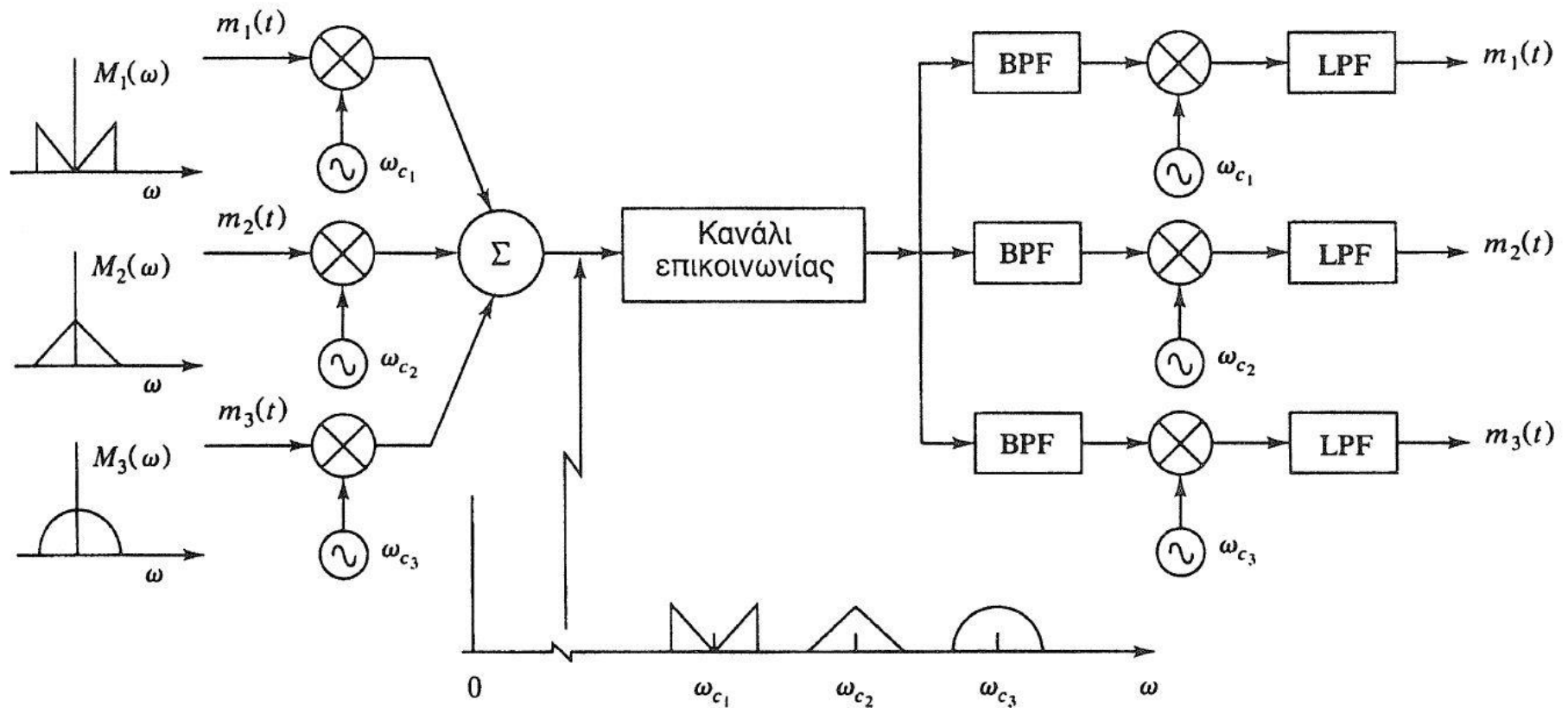
Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνοτήτων

Frequency Division Multiplexing

Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνοτήτων

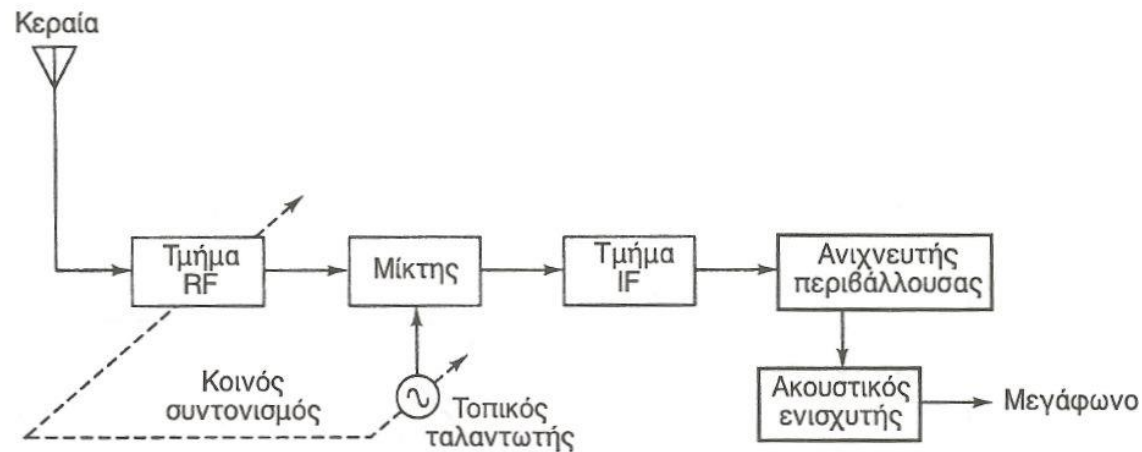
- Η πολυπλεξία (multiplexing) είναι μία τεχνική στην οποία πολλά σήματα συνδυάζονται σε ένα σύνθετο σήμα για μετάδοση μέσα από κοινό κανάλι.
- Είδη Πολυπλεξίας:
 - Πολυπλεξία Διαίρεσης Χρόνου – Time Division Multiplexing (TDM)
 - Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνότητας – Frequency Division Multiplexing (FDM)
- Στην FDM χρησιμοποιείται ένα οποιοδήποτε είδος διαμόρφωσης (με συνηθέστερη την SSB) για να παραχθεί το φάσμα του προς μετάδοση σήματος.
- Κάθε σήμα διαμορφώνεται με διαφορετική συχνότητα φορέα
- Ανάμεσα σε διαδοχικά φάσματα υπάρχει μία απόσταση ασφάλειας.
- Η FDM δείχνεται στην επόμενη διαφάνεια.
- Η FDM χρησιμοποιείται στην τηλεφωνία, και ευρέως σε ραδιοφωνικά και τηλεοπτικά δίκτυα.

Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνοτήτων



Άσκηση 1

Δίνεται ο ραδιοφωνικός δέκτης που χρησιμοποιείται στο σύστημα AM. Ο μίκτης μετατοπίζει τη φέρουσα συχνότητα f_c σε σταθερή IF 455 kHz με χρήση τοπικού ταλαντωτή συχνότητας f_{LO} . Οι συχνότητες ζώνης εκπομπής εκτείνονται από 540 μέχρι 1600 kHz.



- 1) Να υπολογιστεί η περιοχή συντονισμού που πρέπει να παρέχεται στον τοπικό ταλαντωτή (i) όταν η f_{LO} είναι μεγαλύτερη από την f_c (υπερετερόδυνος δέκτης) και (ii) όταν η f_{LO} είναι μικρότερη από την f_c .
- 2) Να εξηγηθεί η αιτία για την οποία ο συνηθισμένος ραδιοφωνικός δέκτης AM χρησιμοποιεί υπερετερόδυνο σύστημα.

Άσκηση 1 (συνέχεια)

(1) (i) Όταν $f_{LO} > f_c$,

$$\begin{aligned} 540 < f_c < 1600 \\ f_{LO} - f_c &= 455 \end{aligned}$$

Όπου τόσο η f_c , όσο και η f_{LO} εκφράζονται σε kHz. Έτσι $f_{LO} = f_c + 455$

Όταν $f_c = 540 \text{ kHz}$, έχουμε $f_{LO} = 995 \text{ kHz}$.

Και όταν $f_c = 1600 \text{ kHz}$, έχουμε $f_{LO} = 2055 \text{ kHz}$.

(ii) Όταν $f_{LO} < f_c$,

$$f_{LO} = f_c - 455$$

Όταν $f_c = 540 \text{ kHz}$, έχουμε $f_{LO} = 85 \text{ kHz}$.

Και όταν $f_c = 1600 \text{ kHz}$, έχουμε $f_{LO} = 1145 \text{ kHz}$.

Έτσι η απαιτούμενη περιοχή συντονισμού του τοπικού ταλαντωτή για την περίπτωση αυτή είναι 85-1145 kHz.

Άσκηση 1 (συνέχεια)

(2) Ο λόγος συχνοτήτων, δηλαδή ο λόγος της μεγαλύτερης f_{LO} προς την μικρότερη f_{LO} , είναι 2.07 για την περίπτωση (i) και 13.47 για την περίπτωση (ii). Είναι πολύ ευκολότερος ο σχεδιασμός ταλαντωτή που να συντονίζεται σε μικρότερο λόγο συχνοτήτων.

Αυτή είναι και η αιτία για την οποία ο τυπικός ραδιοφωνικός δέκτης AM χρησιμοποιεί το υπερετερόδυνο σύστημα.