
Συστήματα Μετάδοσης Πληροφορίας

*Εκπομπή και Λήψη
Αναλογικού Σήματος*

1

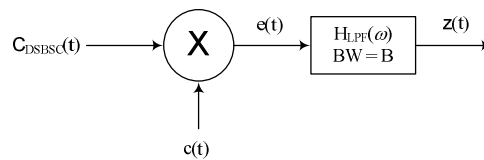
Διαμόρφωση Πλάτους

*Επίδραση των Σφαλμάτων του
Τοπικού Ταλαντωτή του Δέκτη*

2

Επίδραση των Σφαλμάτων του Τοπικού Ταλαντωτή (1/2)

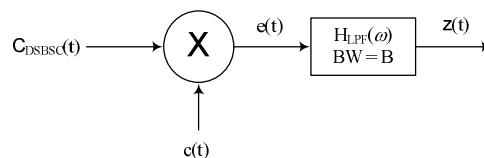
- Η σύμφωνη αποδιαμόρφωση επηρεάζεται δυσμενώς, όταν το ημιτονοειδές σήμα που παράγει ο τοπικός ταλαντωτής του δέκτη AM δεν είναι ακριβές αντίγραφο του αδιαμόρφωτου φέροντος σήματος του πομπού
- Στο δέκτη παράγεται αντί του φέροντος, σήμα της μορφής
 - $c(t) = \cos[(\omega_c + \Delta\omega)t + \Delta\psi]$
 - $e(t) = C_{DSBSC}(t) \cos[(\omega_c + \Delta\omega)t + \Delta\psi]$
 - $e(t) = m(t) \cos(\omega_c)t \cos[(\omega_c + \Delta\omega)t + \Delta\psi]$
 - $e(t) = 0.5m(t)\cos(\Delta\omega t + \Delta\psi) + 0.5m(t)\cos[(2\omega_c + \Delta\omega)t + \Delta\psi]$
- Ο Β' όρος απορρίπτεται από το LPF και η έξοδος είναι
 - $z(t) = 0.5m(t)\cos(\Delta\omega t + \Delta\psi)$



3

Επίδραση των Σφαλμάτων του Τοπικού Ταλαντωτή (2/2)

- Έξοδος του δέκτη:
 - $z(t) = 0.5m(t)\cos(\Delta\omega t + \Delta\psi)$
- Αν υπάρχει σφάλμα φάσης ($\Delta\omega=0$):
 - $z(t) = 0.5m(t)\cos(\Delta\psi)$
 - Προκαλείται **εξασθένηση** το αποδιαμορφωμένου σήματος χωρίς παραμόρφωση
- Αν υφίσταται και σφάλμα συχνότητας ($\Delta\omega \neq 0$):
 - $z(t) = 0.5m(t)\cos(\Delta\omega t + \Delta\psi)$
 - Εμφανίζεται σήμα πληροφορίας πολλαπλασιαζόμενο με ένα χαμηλόσυχο συνημίτονο (**παραμορφωμένη εκδοχή** του σήματος πληροφορίας)



4

Διαμόρφωση Πλάτους

AM Μονής Πλευρικής Ζώνης AMSSB

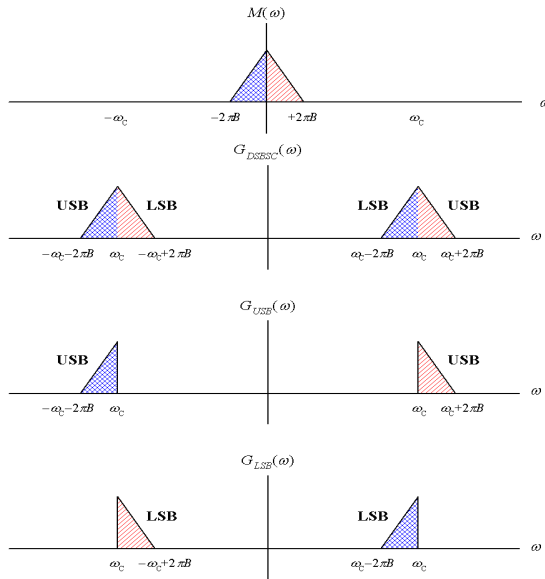
5

AM Μονής Πλευρικής Ζώνης- AMSSB

- **Single Side-Band SSB-AM**
- Στο DSB-SC AM και στο συμβατικό AM
 - εύρος ζώνης $2W$ (δύο πλευρικές ζώνες)
 - αυτό οδηγεί σε μη αποδοτική διαχείριση του φάσματος
- **Λύση:** να χρησιμοποιήσουμε τη μία από τις δύο ζώνες συχνοτήτων
- **Διαμόρφωση:** Παρόμοια με DSB-SC. Διαφοροποίηση στο Ζωνοδιαβατό φίλτρο (κεντρική συχνότητα, εύρος ζώνης)
- **Αποδιαμόρφωση:** Παρόμοια με τη σύμφωνη DSB-SC αποδιαμόρφωση

6

Φασματική Αναπαράσταση AMSSB



Πώς μπορούμε να αναπαραστήσουμε το SSB σήμα στο πεδίο του χρόνου;

$$C_{USB}(t) = ?$$

$$C_{LSB}(t) = ?$$

7

Αναπαράσταση της AMSSB στο πεδίο του χρόνου (1/2)

■ Ισχύει:

$$-M(\omega) = M_+(\omega) + M_-(\omega)$$

■ Αν $m_+(t) \leftrightarrow M_+(\omega)$ and $m_-(t) \leftrightarrow M_-(\omega)$

→ $m(t) = m_+(t) + m_-(t)$ {γραμμικότητα}

■ $M_+(\omega), M_-(\omega)$ δεν είναι ίσοι

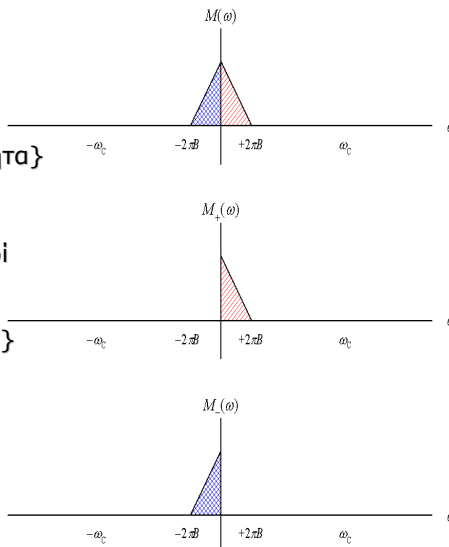
→ $m_+(t), m_-(t)$ είναι συζυγής μιγαδικοί

αριθμοί διότι το άθροισμά τους είναι πραγματικός αριθμός $\{M(-\omega) = M^*(\omega)\}$

$$-m_+(t) = \frac{1}{2} [m(t) + j m_h(t)]$$

$$-m_-(t) = \frac{1}{2} [m(t) - j m_h(t)]$$

■ $m_h(t) = ?$



8

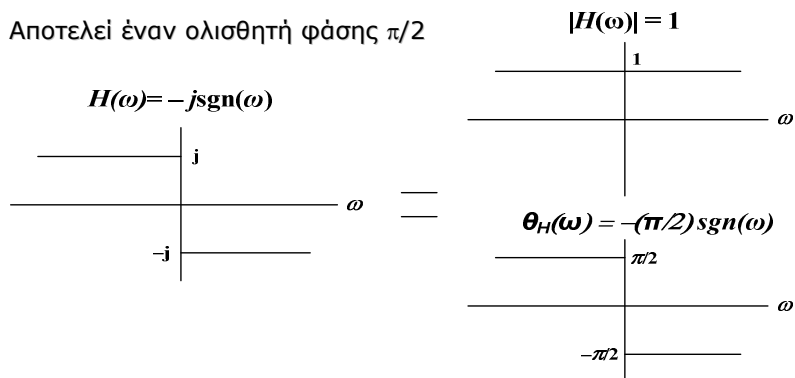
Αναπαράσταση της AMSSB στο πεδίο του χρόνου (1/2)

- $M(\omega) = M_+(\omega) + M_-(\omega)$
- $M_+(\omega) = M(\omega)u(\omega)$ και $M_-(\omega) = M(\omega)u(-\omega)$ (Πολ/σμός με βηματική)
- $\text{sgn}(\omega) = 2u(\omega) - 1 \rightarrow u(\omega) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \text{sgn}(\omega)$; $u(-\omega) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \text{sgn}(\omega)$
- $M_+(\omega) = \frac{1}{2} [M(\omega) + M(\omega)\text{sgn}(\omega)]$
- $M_-(\omega) = \frac{1}{2} [M(\omega) - M(\omega)\text{sgn}(\omega)]$
- Σύγκριση:
- $m_+(t) = \frac{1}{2} [m(t) + j m_h(t)] \leftrightarrow \frac{1}{2} [M(\omega) + j M_h(\omega)]$
- $m_-(t) = \frac{1}{2} [m(t) - j m_h(t)] \leftrightarrow \frac{1}{2} [M(\omega) - j M_h(\omega)]$
- Εξάγεται:
- $M_h(\omega) = -j M(\omega) \cdot \text{sgn}(\omega)$, όπου $m_h(t) \leftrightarrow M_h(\omega)$

9

Ο Μετασχηματισμός Hilbert

- Το σήμα $m_h(t)$ ονομάζεται μετασχηματισμός Hilbert (HT) του πληροφοριακού σήματος $m(t)$
- Συνάρτηση μεταφοράς του μετασχηματισμού Hilbert:
 - $H(\omega) = -j \text{sgn}(\omega)$
- Αποτελεί έναν ολισθητή φάσης $\pi/2$



10

Μετασχηματισμός Hilbert του $\cos(\omega_c t)$

- $\cos(\omega_c t) \leftrightarrow \pi[\delta(\omega - \omega_c) + \delta(\omega + \omega_c)]$
- $\text{HT}[\cos(\omega_c t)] \leftrightarrow -j \text{sgn}(\omega) \pi [\delta(\omega - \omega_c) + \delta(\omega + \omega_c)]$
 - = $j \text{sgn}(\omega) \pi [-\delta(\omega - \omega_c) - \delta(\omega + \omega_c)]$
 - = $j \pi [-\delta(\omega - \omega_c) + \delta(\omega + \omega_c)]$
 - = $j \pi [\delta(\omega + \omega_c) - \delta(\omega - \omega_c)] \leftrightarrow \sin(\omega_c t)$
- Αναμενόμενο διότι:
- $\cos(\omega_c t - \pi/2) = \sin(\omega_c t)$

11

Μετασχηματισμός Hilbert πεδίο του χρόνου (1/2)

- Ο Μετασχηματισμός Hilbert στο πεδίο της συχνότητας είναι:
 - $H(\omega) = -j \text{sgn}(\omega)$
- $h(t) = ?$
- $\text{sgn}(t) \leftrightarrow 2/(j\omega)$ {Ιδιότητα του μετασχηματισμού Fourier}
- $2/(jt) \leftrightarrow 2\pi \text{sgn}(-\omega)$ {συμμετρία}
 - $1/(\pi t) \leftrightarrow -j \text{sgn}(\omega)$
- Ισχύει $M_h(\omega) = -j M(\omega) \cdot \text{sgn}(\omega) = H(\omega) \cdot M(\omega)$
- Άρα:

$$m_h(t) = \frac{1}{\pi t} * m(t)$$

12

Μετασχηματισμός Hilbert πεδίο του χρόνου (2/2)

$$C_{USB}(\omega) = M_+(\omega - \omega_c) + M_-(\omega + \omega_c)$$

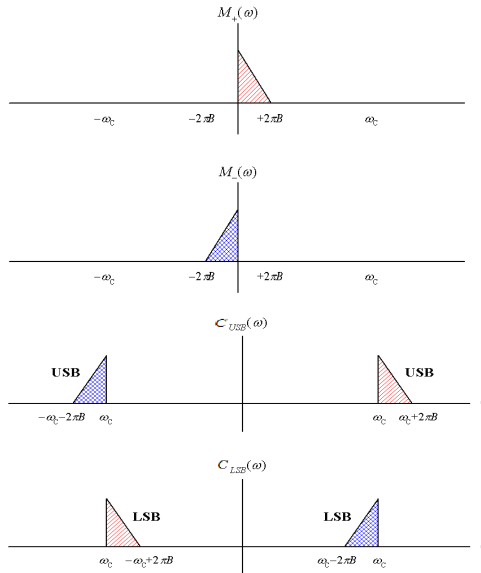
$$C_{LSB}(\omega) = M_+(\omega + \omega_c) + M_-(\omega - \omega_c)$$

$$C_{USB}(t) = m_+(t)e^{j\omega_c t} + m_-(t)e^{-j\omega_c t}$$

$$C_{LSB}(t) = m_+(t)e^{-j\omega_c t} + m_-(t)e^{j\omega_c t}$$

$$\begin{aligned} C_{USB}(t) &= \frac{1}{2}m(t)e^{j\omega_c t} + \frac{1}{2}jm_h(t)e^{j\omega_c t} \\ &+ \frac{1}{2}m(t)e^{-j\omega_c t} - \frac{1}{2}jm_h(t)e^{-j\omega_c t} \\ &= m(t)\cos(\omega_c t) - m_h(t)\sin(\omega_c t) \end{aligned}$$

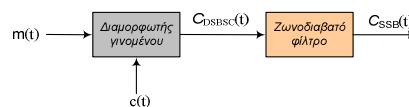
$$\begin{aligned} C_{LSB}(t) &= \frac{1}{2}m(t)e^{j\omega_c t} - \frac{1}{2}jm_h(t)e^{j\omega_c t} \\ &+ \frac{1}{2}m(t)e^{-j\omega_c t} + \frac{1}{2}jm_h(t)e^{-j\omega_c t} \\ &= m(t)\cos(\omega_c t) + m_h(t)\sin(\omega_c t) \end{aligned}$$



13

Διαμόρφωση AMSSB

- Χρήση κατάλληλου ζωνοδιαβατού φίλτρου για την απόρριψη μιας από τις δύο πλευρικές ζώνες
- **Μέθοδος Επιλεκτικού Φιλτραρίσματος (Selective Filtering Method)**
 - Υλοποίηση βάσει ανάλυσης του φάσματος αφού πραγματοποιήσουμε AMDSB-SC διαμόρφωση

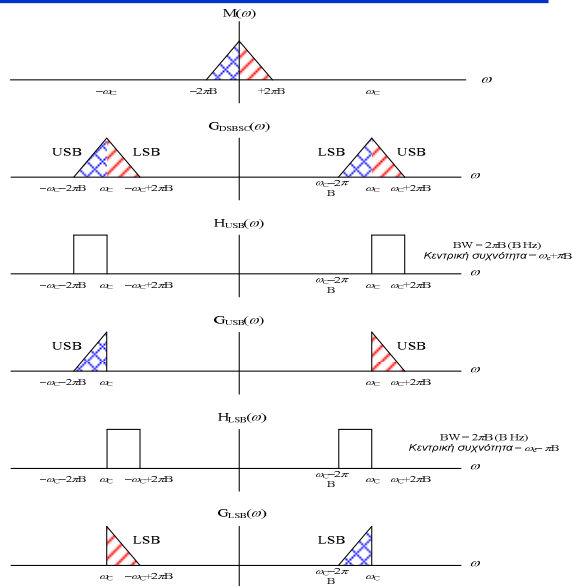


- **Μέθοδος ολίσθησης Φάσης**
 - Υλοποίηση βασισμένη στην έκφραση του διαμορφωμένου σήματος στο πεδίο του χρόνου

14

Μέθοδος Επιλεκτικού Φιλτραρίσματος

- Μειονέκτημα:** είναι δύσκολο να υλοποιηθεί πρακτικά ένα φίλτρο με απόκριση συχνότητας που να κόβει απότομα τη μία πλευρική ζώνη

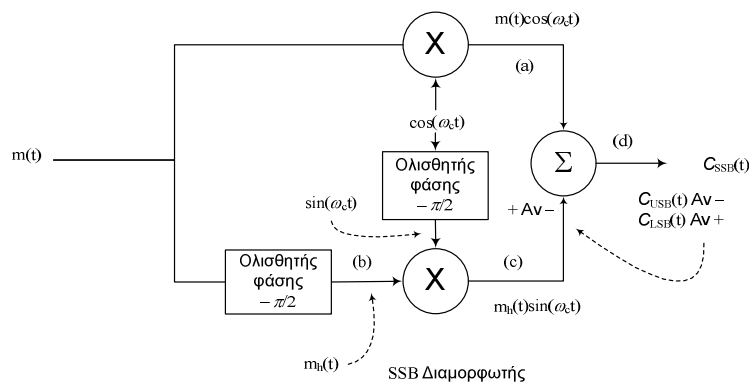


15

Μέθοδος Ολίσθησης Φάσης (1/2)

$$C_{USB}(t) = m(t) \cos(\omega_c t) - m_h(t) \sin(\omega_c t)$$

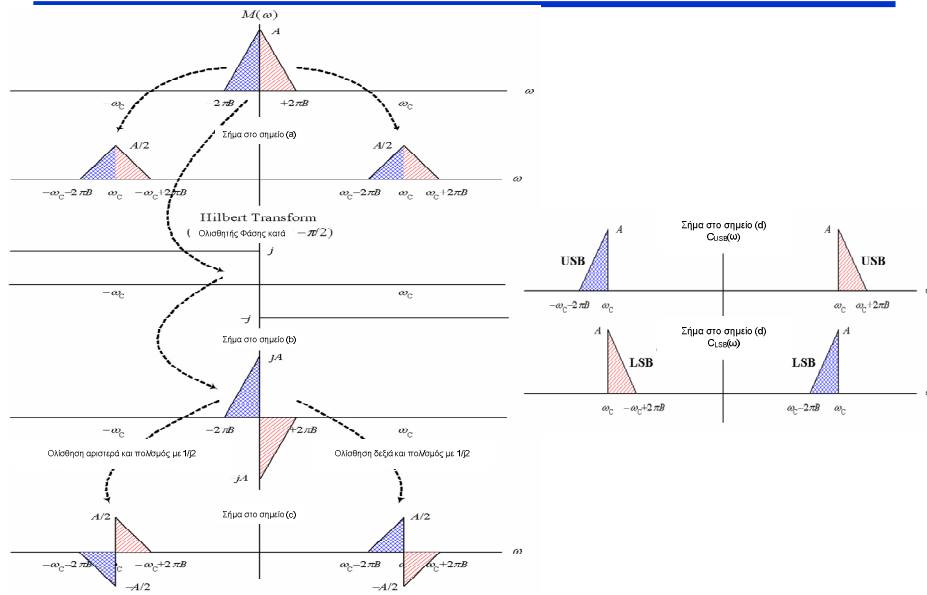
$$C_{LSB}(t) = m(t) \cos(\omega_c t) + m_h(t) \sin(\omega_c t)$$



- Μειονέκτημα:** Η υλοποίηση των κυκλωμάτων ολίσθησης φάσης είναι σε πολλές περιπτώσεις εξαιρετικά δύσκολη

16

Μέθοδος Ολίσθησης Φάσης (2/2)



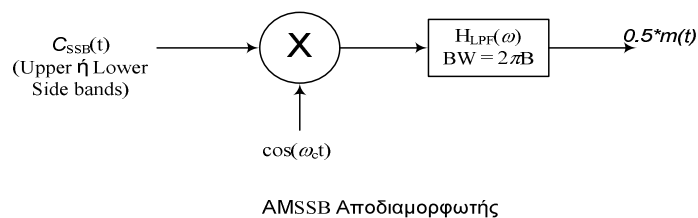
17

Σύμφωνη AMSSB Αποδιαμόρφωση (1/2)

$$C_{SSB}(t) = m(t) \cos(\omega_c t) \pm m_h(t) \sin(\omega_c t)$$

$$C_{SSB}(t) \cos(\omega_c t) = \frac{1}{2} m(t) [1 + \cos(2\omega_c t)] \pm \frac{1}{2} m_h(t) \sin(2\omega_c t)$$

Έξοδος του βαθυπερατού φίλτρου: $LPF = \frac{1}{2} m(t)$



18

Σύμφωνη AMSSB Αποδιαμόρφωση (2/2)

- Όπως και στην περίπτωση DSB AM, απαιτείται **σύγχρονος αποδιαμορφωτής**
- Χρήση ιδανικού χαμηλοπερατού φίλτρου που απαλείφει τους όρους διπλάσιας συχνότητας
- Η ύπαρξη σφάλματος φάση είναι συνήθως ανεκτή σε επικοινωνίες φωνής
- Η διαμόρφωση AMSSB χρησιμοποιείται ευρύτατα σε περιπτώσεις όπου είναι επιτακτική η αποδοτική χρήση του εύρους ζώνης συχνοτήτων

19

Διαμόρφωση Πλάτους

*AM με Κατάλοιπο Πλευρικής Ζώνης
Vestigial Side Band (AMVSB)*

20

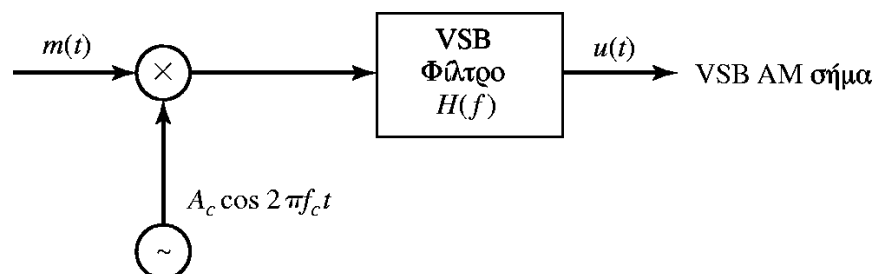
AMSSB με Κατάλοιπο Πλευρικής

- Είδαμε παραπάνω ότι
 - η διαμόρφωση DSB καταναλώνει διπλάσιο εύρος ζώνης
 - η διαμόρφωση SSB είναι δύσκολο να υλοποιηθεί πρακτικά
 - λόγω αυστηρών απαιτήσεων στο σχεδιασμό του φίλτρου
- **Ενδιάμεση λύση**
 - «χαλαρώνουμε» τις απαιτήσεις στο σχεδιασμό φίλτρου
 - επιτρέπουμε στο σήμα να καταλάβει ένα μέρος της άλλης πλευρικής
 - μέτρια αύξηση εύρους ζώνης
- Το επιπλέον εύρος ζώνης λέγεται **κατάλοιπο (vestigial)**
 - vestigial side band
 - σήμα VSB AM

21

Διαμόρφωση AMVSB (1/2)

- Όπως στο SSB AM, ξεκινάμε με ένα σήμα DSB AM
- Αυτό διέρχεται μέσα από φίλτρο που κόβει μερικώς την ανεπιθύμητη πλευρική ζώνη



22

Διαμορφωτής VSB (2/2)

- Περιγραφή στο χρόνο

$$u(t) = [A_c m(t) \cos(2\pi f_c t)] * h(t)$$

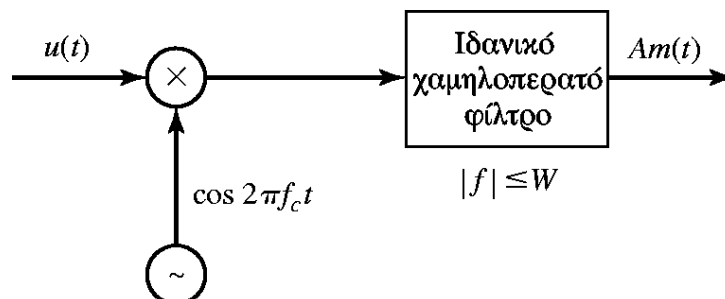
- Περιγραφή στη συχνότητα

$$U(\omega) = \frac{A_c}{2} [M(\omega - \omega_c) + M(\omega + \omega_c)] H(\omega)$$

23

Σχεδιασμός Φίλτρου VSB (1/2)

- Πώς σχεδιάζεται το φίλτρο για τη διαμόρφωση VSB;
- Σχεδιασμός φίλτρου μέσω της διαδικασίας αποδιαμόρφωσης



24

Σχεδιασμός Φίλτρου VSB (2/2)

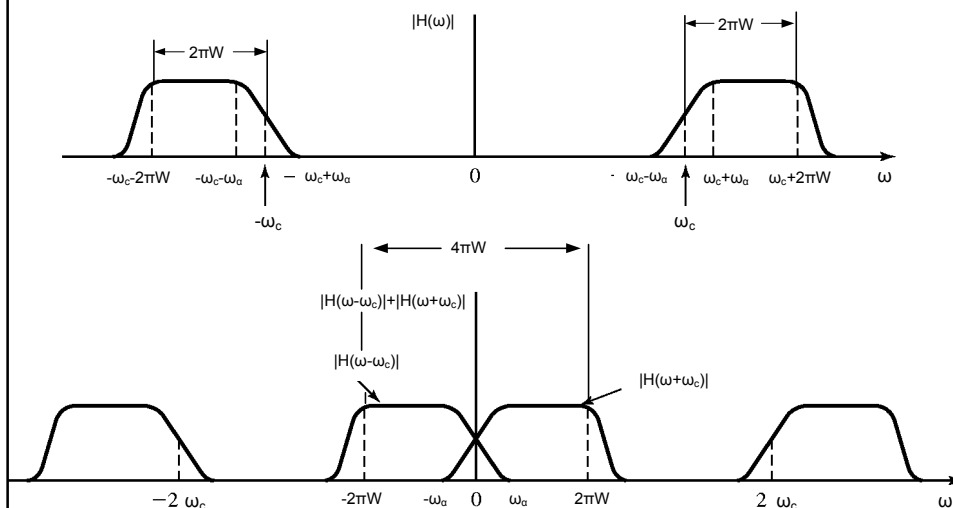
- Εκφράζοντας τη διαδικασία της αποδιαμόρφωσης στη συχνότητα προκύπτει ότι το φίλτρο θα πρέπει να ικανοποιεί τη συνθήκη

$$H(\omega - \omega_c) + H(\omega + \omega_c) = ct, |\omega| \leq 2\pi W$$

- Η συμπεριφορά αυτή ονομάζεται **συμπληρωματική συμμετρία**

25

Απόκριση Φίλτρου



26

Παρατηρήσεις στο Φίλτρο

- Απόκριση συχνότητας $H(\omega)$ έχει συμμετρία στην περιοχή

$$\omega_c - \omega_a < \omega < \omega_c + \omega_a$$

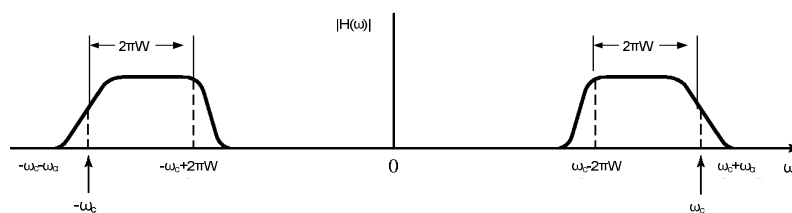
όπου ω_a είναι μια κατάλληλα επιλεγμένη συχνότητα πολύ μικρότερη από το $2\pi W$

- Επιλέγει την άνω πλευρική ζώνη
- Ως προς τη φάση, για να μην έχουμε παραμόρφωση του σήματος θα πρέπει να έχουμε γραμμική φάση στη ζώνη διέλευσης

$$\omega_c - \omega_a < |\omega| < \omega_c + 2\pi W$$

27

Φίλτρο Επιλογής LSB



28

Συνθήκες Φίλτρου AMVSB

$$C_{DSBSC}(t) = 2m(t)\cos(\omega_c t)$$

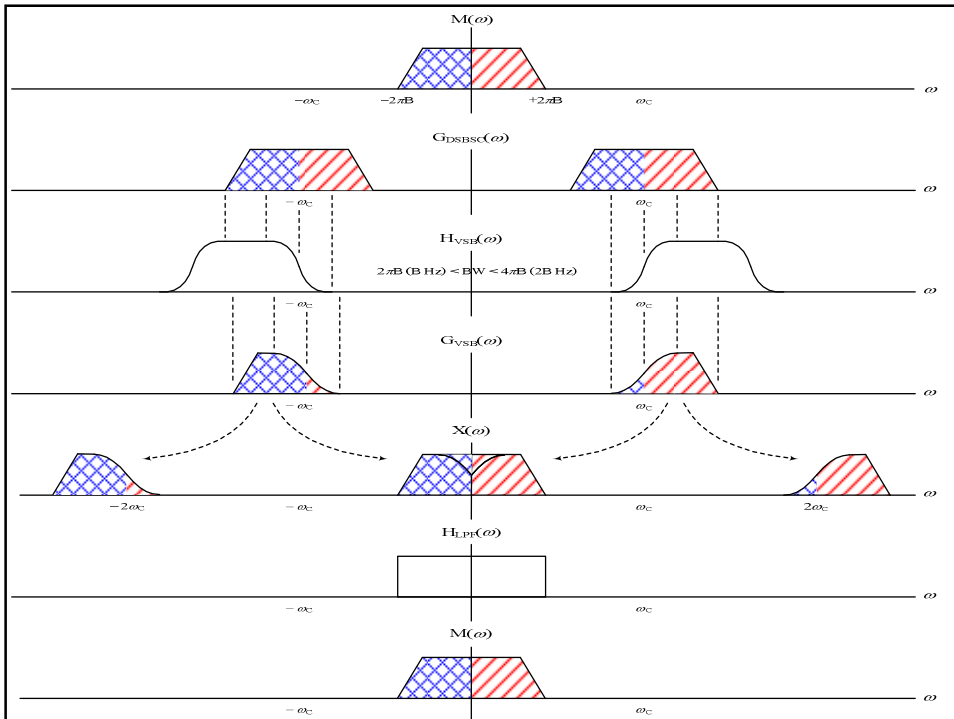
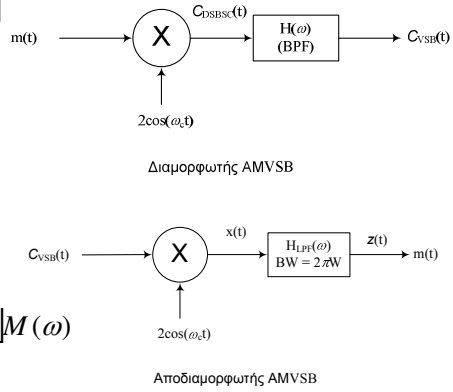
$$C_{DSBSC}(\omega) = M(\omega - \omega_c) + M(\omega + \omega_c)$$

$$C_{VSB}(\omega) = H(\omega) [M(\omega - \omega_c) + M(\omega + \omega_c)]$$

$$X(\omega) = H(\omega - \omega_c) \left[\underbrace{M(\omega - 2\omega_c)}_{\text{at } +2\omega_c} + \underbrace{M(\omega)}_{\text{Baseband}} \right] + H(\omega + \omega_c) \left[\underbrace{M(\omega)}_{\text{baseband}} + \underbrace{M(\omega + 2\omega_c)}_{\text{at } -2\omega_c} \right]$$

$$Z(\omega) = H_{LPF}(\omega) [H(\omega - \omega_c) + H(\omega + \omega_c)] M(\omega)$$

$$H_{LPF}(\omega) = \frac{1}{H(\omega - \omega_c) + H(\omega + \omega_c)}, \quad |\omega| \leq 2\pi W$$



Φίλτρο VSB: Ειδική Περίπτωση

- Συνθήκη για μη παραμορφωμένη αποδιαμόρφωση:

$$H_{LPF}(\omega) = \frac{1}{H_{VSB}(\omega - \omega_c) + H_{VSB}(\omega + \omega_c)}, |\omega| \leq 2\pi W$$

- Λαμβάνοντας υπ' όψιν τη συνθήκη για το φίλτρο στον διαμορφωτή:
 - $H_{VSB}(\omega - \omega_c) + H_{VSB}(\omega + \omega_c) = 1 ; |\omega| \leq 2\pi W$
 - $H_{LPF} = 1$ for $|\omega| \leq 2\pi W$ (Ιδανικό LPF)
- $H_{VSB}(\omega)$ θα έχει περιττή συμμετρία γύρω από ω_c κατά την περίοδο της διέλευσης

31

Διαμόρφωση Πλάτους

Ισχύς κατά τη Διαμόρφωση AM

32

Ισχύς κατά τη Διαμόρφωση AM (1/2)

- Στη γενική περίπτωση διαμόρφωσης AMDSB:

- $C_{DSB}(t) = m(t)\cos(\omega_c t) + A\cos(\omega_c t)$

- Μέση ισχύς:

$$P_{DSB} = \lim_{\Delta T \rightarrow \infty} \frac{1}{\Delta T} \int_{-\Delta T/2}^{\Delta T/2} c_{DSB}^2(t) dt = A^2 \overline{\cos^2(\omega_c t)} + \overline{m^2(t) \cos^2(\omega_c t)} + 2A \overline{m(t) \cos(\omega_c t)}$$

- Το σήμα $m(t)$ είναι αργά μεταβαλλόμενο σε σχέση με το υψίσυχο φέρον άρα η μέση τιμή του μπορεί να θεωρηθεί μηδενική

$$P_{DSB} = A^2/2 + \overline{m^2(t)}/2 = P_c + P_m$$

- Λόγος μ :

$$\mu = \frac{P_m}{P_{DSB}} = \frac{\overline{m^2(t)}}{\overline{m^2(t)} + A^2}$$

33

Ισχύς κατά τη Διαμόρφωση AM (2/2)

- Στη περίπτωση διαμόρφωσης συμβατικού AM με δείκτη διαμόρφωσης k :

- $C_{AM}(t) = A\cos(\omega_c t) + kA\cos(\omega_m t)\cos(\omega_c t)$

- $\overline{m^2(t)}/2 = \overline{[kA\cos(\omega_m t)]^2}/2 = (kA)^2/2$

- Λόγος μ : $\mu = \frac{k^2}{k^2 + 2}$

- Στη περίπτωση διαμόρφωσης AMSSB :

$$\overline{m^2(t)} = \overline{m_h^2(t)}, m_h : \text{Hilbert Transform του } m$$

$$P_{SSB} = A^2/2 + \overline{m^2(t)}$$

- Κατανομή ισχύς στο διαμορφωμένο AM σήμα

$$R_{DSB}(\tau) = \overline{c_{DSB}(t)c_{DSB}(t+\tau)} = 0.5[A^2 \cos(\omega_c \tau) + R_f(\tau) \cos(\omega_c \tau)]$$

- όπου $R_f(\tau)$: αυτοσυσχέτιση του σήματος $m(t)$

$$S_{DSB}(\omega) = \frac{\pi A^2}{2} [\delta(\omega - \omega_c) + \delta(\omega + \omega_c)] + \frac{1}{4} [S_f(\omega - \omega_c) + S_f(\omega + \omega_c)]$$

- όπου $S_f(\omega)$: φάσμα του σήματος $R_f(\tau)$

34

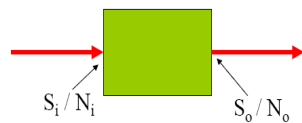
Διαμόρφωση Πλάτους

Επίδραση Θορύβου στην Αποδιαμόρφωση AM

35

Ζωνοπερατός Θόρυβος

- Τα σήματα που επεξεργάζεται ο δέκτης είναι ζωνοπερατά περί τη φέρουσα συχνότητα ω_c . Η παρουσία θορύβου αξιολογείται μέσω του σηματοθρομβικού λόγου σε διάφορα σημεία του δέκτη. Ο ζωνοπερατός αυτός θόρυβος δίνεται από:
 - $n(t) = n_c(t)\cos(\omega_c t) - n_s(t)\sin(\omega_c t)$
 - $n_c(t) = A(t)\cos[\theta(t)]$, $n_s(t) = A(t)\sin[\theta(t)]$, (ορθογώνιες συνιστώσες)
 - $A(t) = [n_c^2(t) + n_s^2(t)]^{1/2}$ και $\theta(t) = \tan^{-1}[n_s(t)/n_c(t)]$
 - Μέσες τετραγωνικές τιμές: $\overline{n^2(t)} = \overline{n_c^2(t)}/2 + \overline{n_s^2(t)}/2$, $\overline{n_c^2(t)} = \overline{n_s^2(t)}$
- **Παράγοντας θορύβου** (Noise Factor-F): Μετρική που προσδιορίζει πόσο θορυβώδης είναι μια διάταξη και χαρακτηρίζει τον θόρυβο που υπεισέρχεται στο σήμα από αυτή.
- Ορισμός: Είναι ο λόγος της ισχύος του σήματος προς το θόρυβο στην είσοδο της διάταξης προς τη ισχύ του σήματος προς το θόρυβο στην έξοδό του
- **Σχήμα θορύβου** (Noise Figure -NF): Ο παράγοντας θορύβου σε dB

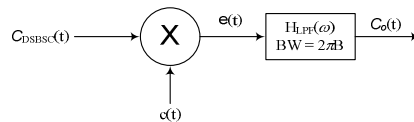


- Noise Factor = $F = (S_1/N_1)/(S_0/N_0)$
- Noise Figure = $NF = 10\log[(S_1/N_1)/(S_0/N_0)]$ dB

36

Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση AMDSB-SC

- Με την υπέρθεση της συνιστώσας του θορύβου, το συνολικό σήμα στην είσοδο του δέκτη είναι:
 - $C_{\text{DSBSC}}(t) = f(t)\cos(\omega_c t) + n_c(t)\cos(\omega_c t) - n_s(t)\sin(\omega_c t)$
- Η έξοδος του βαθυπερατού φίλτρου είναι:
 - $C_o(t) = f(t)/2 + n_c(t)/2$
- Ισχύς σήματος πληροφορίας στην είσοδο: $S_i = \overline{[f(t)\cos(\omega_c t)]^2} = \overline{f^2(t)}/2$
- Ισχύς θορύβου στην είσοδο: $N_i = \overline{n^2(t)}$
- Ισχύς σήματος πληροφορίας στην έξοδο: $S_o = \overline{f^2(t)}/4$
- Ισχύς θορύβου στην είσοδο: $N_o = \overline{n^2(t)}/4 = \overline{n^2(t)}/4$
- Προκύπτει $F = 1/2 : (S_o/N_o) = 2(S_i/N_i)$



37

Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση AMDSB-LC

- Ισχύει:
 - Μέση τιμή του σήματος πληροφορίας: $\overline{f(t)} = 0$
 - $C_{\text{DSBLC}}(t) = [A + f(t)]\cos(\omega_c t) + n_c(t)\cos(\omega_c t) - n_s(t)\sin(\omega_c t)$
- Διαφοροποίηση με την AMDSB-SC μόνο ως προς S_i :
 - Δηλαδή: $S_i = \overline{[A + f(t)]^2 \cos^2(\omega_c t)} = A^2/2 + \overline{f^2(t)}/2$
 - Παράγοντας Θορύβου:

$$F = \frac{A^2 + \overline{f^2(t)}}{2\overline{f^2(t)}}$$

38

Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση AMSSB

- Στην περίπτωση που μεταδίδεται η άνω πλευρική ζώνη, το συνολικό σήμα στην είσοδο του δέκτη παρουσία του θορύβου είναι:
 - $C_{SSB}(t) = f(t)\cos(\omega_c t) - f_h(t)\sin(\omega_c t) + n_c(t)\cos(\omega_c t) - n_s(t)\sin(\omega_c t)$
- Η έξοδος του δέκτη είναι :
 - $C_o(t) = f(t)/2 + n_c(t)/2$
- Ισχύς σήματος πληροφορίας στην είσοδο:
$$S_i = \overline{[f(t)\cos(\omega_c t)]^2} + \overline{[f_h(t)\sin(\omega_c t)]^2} = \overline{f^2(t)}/2 + \overline{f_h^2(t)}/2 = \overline{f^2(t)}$$
- Ισχύς θορύβου στην είσοδο: $N_i = \overline{n^2(t)}$
- Ισχύς σήματος πληροφορίας στην έξοδο: $S_o = \overline{f^2(t)}/4$
- Ισχύς θορύβου στην έξοδο: $N_o = \overline{n_c^2(t)}/4 = \overline{n^2(t)}/4$
- Παράγοντας θορύβου: $F = 1:(S_o/N_o) = (S_i/N_i)$

39

Αποδιαμόρφωση Περιβάλλουσας (1/2)

- Το σήμα στην είσοδο του δέκτη παρουσία του θορύβου είναι:
 - $C_{AM}(t) = [A+f(t)]\cos(\omega_c t) + n_c(t)\cos(\omega_c t) - n_s(t)\sin(\omega_c t)$
- Η περιβάλλουσα του σήματος $C_{AM}(t)$:
 - $r(t) = \{[A+f(t)+n_c(t)]^2 + n_s^2(t)\}^{1/2}$
- Όταν ο σηματοθορυβικός λόγος εισόδου είναι υψηλός, η περιβάλλουσα προσεγγίζεται ως εξής:
 - $r(t) \approx A + f(t) + n_c(t)$
- Η έξοδος λόγω της αποκοπής της DC συνιστώσας είναι:
 - $C_o = f(t) + n_c(t)$
- Ισχύς σήματος πληροφορίας στην είσοδο: $S_i = A^2/2 + \overline{f^2(t)}/2$
- Ισχύς θορύβου στην είσοδο: $N_i = \overline{n^2(t)}$
- Ισχύς σήματος πληροφορίας στην έξοδο: $S_o = \overline{f^2(t)}$
- Ισχύς θορύβου στην έξοδο: $N_o = \overline{n_c^2(t)} = \overline{n^2(t)}$
- Παράγοντας θορύβου:

$$F = \frac{A^2 + \overline{f^2(t)}}{2\overline{f^2(t)}}$$

40

Αποδιαμόρφωση Περιβάλλουσας (2/2)

- Όταν ο θόρυβος εισόδου είναι υψηλός, η περιβάλλουσα εκφράζεται ως εξής:
 - $r(t) = \{A^2 + f^2(t) + n_c^2(t) + 2A[f(t) + n_c(t)] + 2f(t)n_c(t) + n_s^2(t)\}^{1/2}$
- Στην περιβάλλουσα δεν υπάρχουν μόνο όροι προσθετικού θορύβου αλλά και όροι που είναι γινόμενα του σήματος πληροφορίας και του θορύβου
- Το σήμα παραμορφώνεται λόγω της διαδικασίας της αποδιαμόρφωσης περιβάλλουσας
- **Φαινόμενο κατωφλίου** στη διαμόρφωση AM
- Για κάθε δέκτη τέτοιου τύπου υπάρχει κάποιος χαρακτηριστικός σηματοθορυβικός λόγος εισόδου (**λόγος κατωφλίου**) κάτω από τον οποίο η διαδικασία αποδιαμόρφωσης περιβάλλουσας δεν θεωρείται αξιόπιστη

41

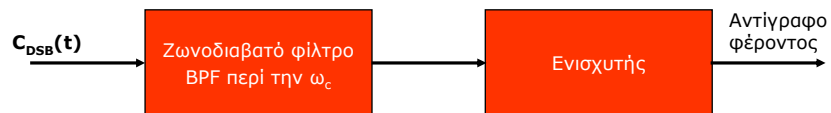
Διαμόρφωση Πλάτους

*Αναπαραγωγή του Φέροντος στο
Δέκτη AM*

42

Ανίχνευση Πιλοτικής Συχνότητας

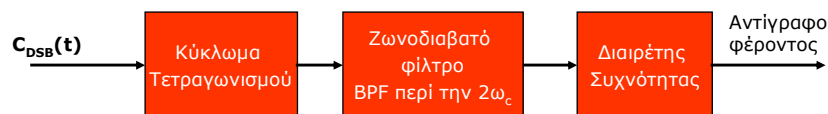
- Κατά τη διαμόρφωση AM ενσωματώνεται με διάφορους τρόπους στο διαμορφωμένο σήμα ασθενές αδιαμόρφωτο φέρον, το οποίο ανιχνεύεται από ένα στενό ζωνοδιαβατό φίλτρο περί τη φέρουσα συχνότητα
- **Μειονεκτήματα:**
 - Ανάγκη υλοποίησης πολύ στενού ζωνοδιαβατού φίλτρου
 - Το σήμα πληροφορίας μπορεί να έχει σημαντικό χαμηλόσυχο φασματικό περιεχόμενο, το οποίο εμπίπτει μετά τη διαμόρφωση AM στη ζώνη διέλευσης του ζωνοδιαβατού φίλτρου
 - Το χαμηλόσυχο περιεχόμενο πρέπει να απορρίπτεται πριν από τη διαμόρφωση από ειδικά φίλτρα



43

Μη Γραμμική Μέθοδος για Σήματα AMDSB

- Το μη γραμμικό κύκλωμα τετραγωνικού νόμου παράγει στην έξοδο του σήμα:
 - $s_1(t) = f^2(t)[1 + \cos(2\omega_c t + 2\psi)]/2$, ω_c : κυκλική συχνότητα, ψ : τυχαία φάση του φέροντος
- Το ζωνοδιαβατό φίλτρο επιτρέπει τη διέλευση μέρους AMDSB σήματος περί τη συχνότητα $2\omega_c$:
 - $s_2(t) = 0.5f^2(t)\cos(2\omega_c t + 2\psi)$
 - Ο περιοριστής πλάτους εξαλείφει τη διαμόρφωση από το ανώτερο σήμα
 - Ο διαιρέτης συχνότητας αναπαράγει το αντίγραφο φέροντος στο δέκτη
- **Μειονεκτήματα:**
 - Ενδεχόμενη ασάφεια φάσης του σήματος εξόδου
 - Ασήμαντο για τη μετάδοση σημάτων φωνής



44

Αυτόματη Αναπαραγωγή Φέροντος Μέσω Κλειστού Βρόχου

- Δεν ενσωματώνονται πιλοτικά σήματα και δεν υφίσταται περιορισμός στο χαμηλό-συχνο περιεχόμενο του σήματος πληροφορίας
- Η έξοδος του VCO είναι το τοπικά παραγόμενο αντίγραφο του φέροντος
- Οι μεταβολές της εξόδου του VCO παρακολουθούν τις μεταβολές του φέροντος
 - Είσοδος: $c(t)=f(t)\cos(\omega_c t+\psi)$ και ο ταλαντωτής VCO έχει κλειδώσει στο υπό αναπαραγωγή φέρον: $c_{VCO}(t)=a\cos(\omega_c t+\varphi)$
 - Σημείο A: $\varepsilon_A(t)=\kappa_1 f(t)\cos(\psi-\varphi)$, σημείο B: $\varepsilon_B(t)=-\kappa_2 f(t)\sin(\psi-\varphi)$
 - Τα LPF διαθέτουν εύρος ζώνης ίσο προς το εύρος ζώνης του $f(t)$ ενώ το LPF' πολύ στενή
 - Εφόσον $\psi-\varphi \approx \text{μικρό}$ τότε: $\varepsilon_p(t)=-\kappa f^2(t)\sin[2(\psi-\varphi)] \approx -2\kappa f^2(t)(\psi-\varphi)$
 - Έξοδος LPF': $\varepsilon_L(t)=-k' f^2(t)(\psi-\varphi)$
 - Το σήμα $\varepsilon_L(t)$ ελέγχει αναδραστικά τη λειτουργία του VCO προς τη μείωση του $\psi-\varphi$

