



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# Συστήματα Επικοινωνιών

Ενότητα 3: Διαμόρφωση πλάτους

Μιχαήλ Λογοθέτης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών  
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

# Σκοποί ενότητας

- Παρουσίαση των χαρακτηριστικών στοιχείων της διαμόρφωσης πλάτους
- Περιγραφή των διαφορετικών περιπτώσεων διαμόρφωσης πλάτους
- Περιγραφή των διατάξεων διαμόρφωσης και αποδιαμόρφωσης για κάθε περίπτωση διαμόρφωσης πλάτους



# Περιεχόμενα ενότητας

- ❑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΔΙΠΛΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
- ❑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΕΣ – ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΤΕΣ ΑΜ
- ❑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΜΟΝΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
- ❑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΜΟΝΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΜΕ ΚΑΤΑΛΟΙΠΟ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ



# Περιεχόμενα ενότητας

- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΔΙΠΛΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΕΣ – ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΤΕΣ ΑΜ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΔΙΠΛΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΜΕ ΚΑΤΑΡΓΗΜΕΝΟ ΦΕΡΟΝ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΜΟΝΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΜΟΝΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΜΕ ΚΑΤΑΛΟΙΓΟ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ



# Διπλής πλευρικής ζώνης με συνολικό φέρον ή AM

- ✓ Στη διαμόρφωση πλάτους διπλής πλευρικής ζώνης με συνολικό φέρον (Double Side Band-Amplitude Modulation-Total Carrier, DSB-AM-TC) ή συμβατικό (conventional) AM ή AM, το πλάτος του διαμορφωμένου σήματος μεταβάλλεται γραμμικά με το πλάτος του σήματος πληροφορίας.
- ✓ Η προσθήκη μιας ισχυρής συνιστώσας του φέροντος διευκολύνει την αποδιαμόρφωση.

$$x(t) = [A_c + m(t)] \cos 2\pi f_c t$$



# ΑΜ-Δείκτης διαμόρφωσης

Δείκτης διαμόρφωσης

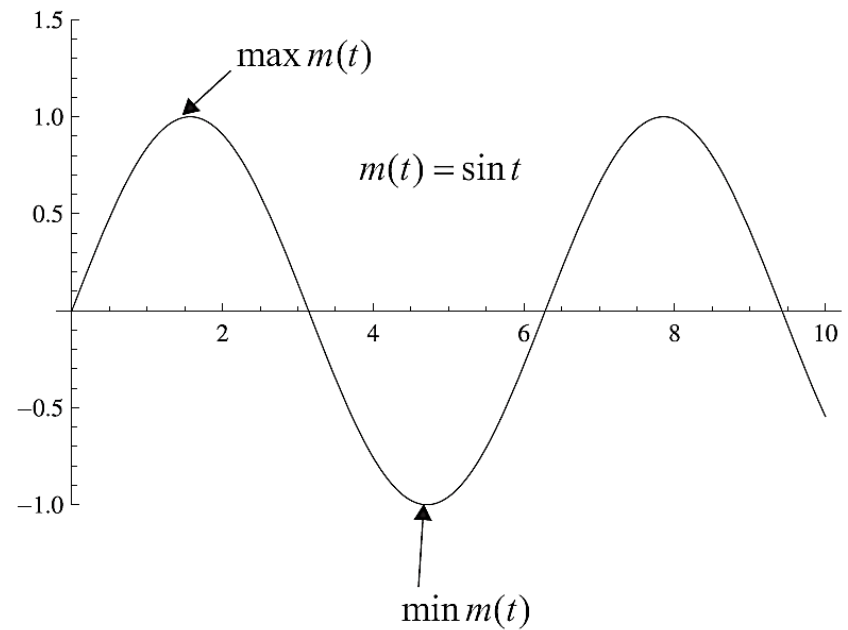


$$\mu = \frac{|\min m(t)|}{A_c}$$

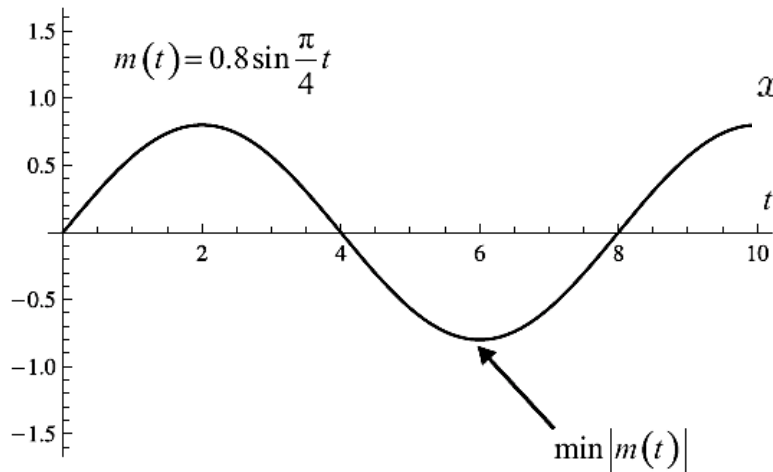
$\mu > 1$



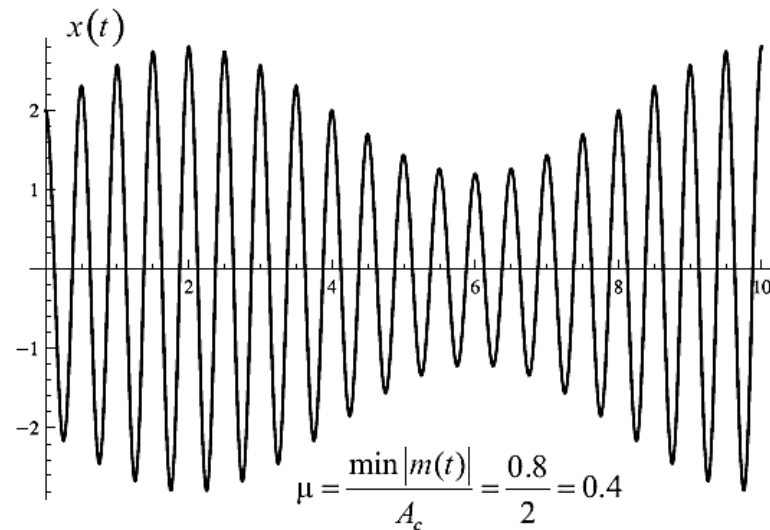
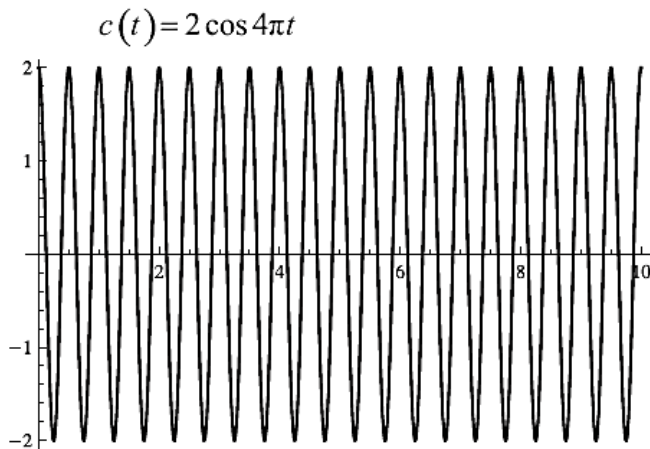
Υπερδιαμόρφωση  
(overmodulation)



# ΑΜ: παράδειγμα



$$x(t) = [A_c + m(t)] \cos 2\pi f_c t = \left[2 + 0.8 \sin \frac{\pi}{4} t\right] \cos 4\pi t$$



# ΑΜ: Ημιτονοειδές σήμα πληροφορίας

Αν το σήμα πληροφορίας είναι ημιτονοειδές της μορφής:

$$m(t) = a \cos(2\pi f_m t),$$

να βρεθεί η αναλυτική έκφραση για το διαμορφωμένο κατά ΑΜ σήμα στο πεδίο του χρόνου.

$$\cos a \cos b = \frac{1}{2} [\cos(a - b) + \cos(a + b)]$$

$$\begin{aligned} x(t) &= [A_c + a \cos 2\pi f_m t] \cos 2\pi f_c t \\ &= A_c [1 + \mu \cos 2\pi f_m t] \cos 2\pi f_c t \\ &= A_c \left[ \cos 2\pi f_c t + \frac{\mu}{2} \cos [2\pi (f_c - f_m) t] + \frac{\mu}{2} \cos [2\pi (f_c + f_m) t] \right] \end{aligned}$$

$$\mu = \frac{|\min m(t)|}{A_c} = \frac{a}{A_c}$$





# ΑΜ με μεταβολή του πλάτους του φέροντος

$$m(t) = a \sin \frac{\pi}{4} t$$

$$f_c = 2 \text{ Hz}$$

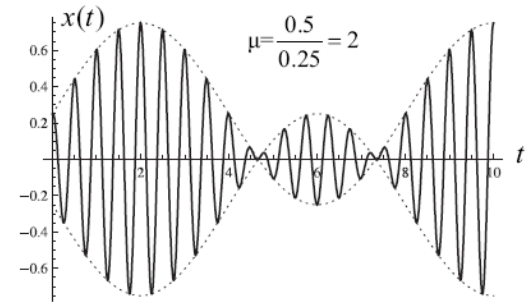
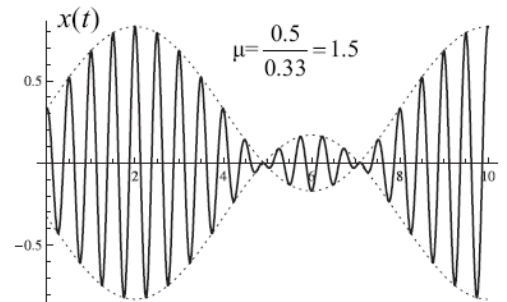
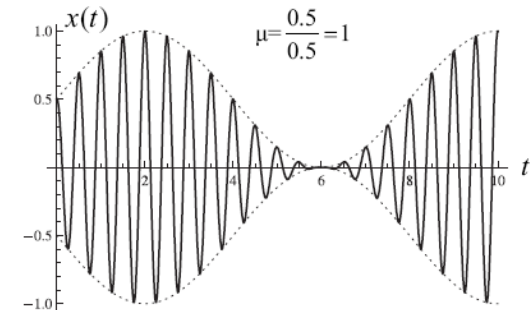
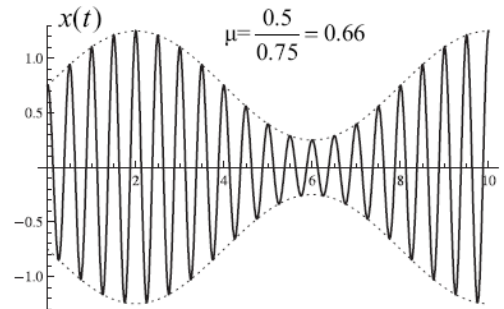
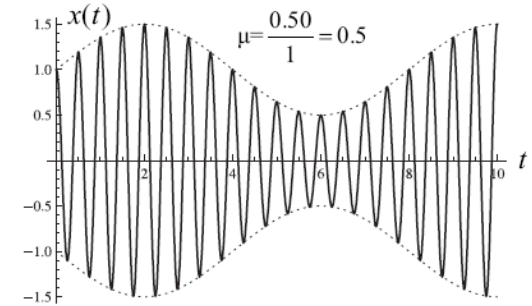
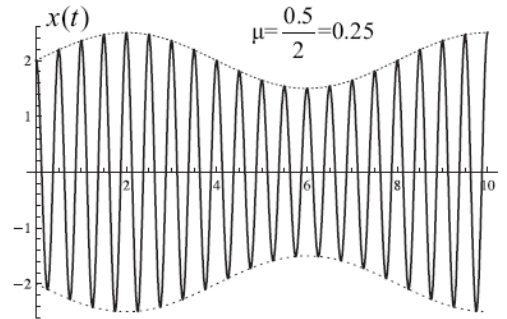
$$a = 0.5$$

$$A_c \Rightarrow \{2, 1, 0.75, 0.5, 0.33, 0.25\}$$

$$x(t) = \left[ A_c + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{4} t \right] \cos 4\pi t$$

$$= A_c \left[ 1 + \mu \sin \frac{\pi}{4} t \right] \cos 4\pi t$$

$$\mu = \frac{1}{2A_c}$$



# ΑΜ με μεταβολή του πλάτους του σήματος πληροφορίας

$$m(t) = a \sin \frac{\pi}{4} t$$

$$f_c = 2 \text{ Hz}$$

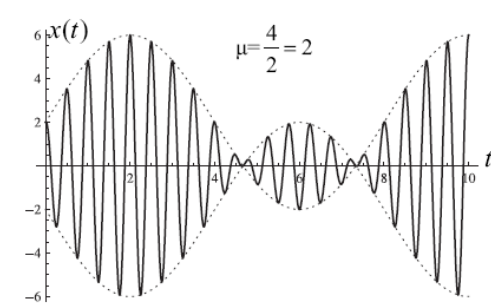
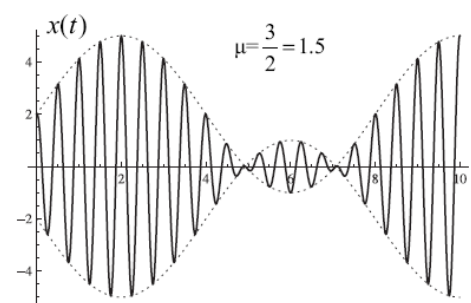
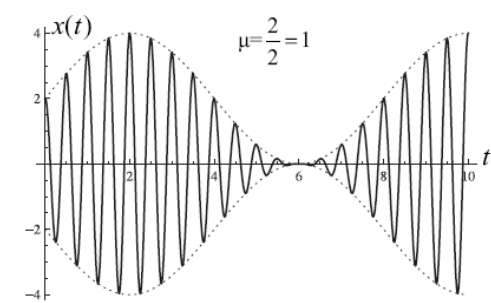
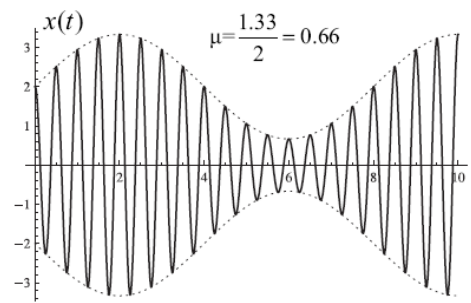
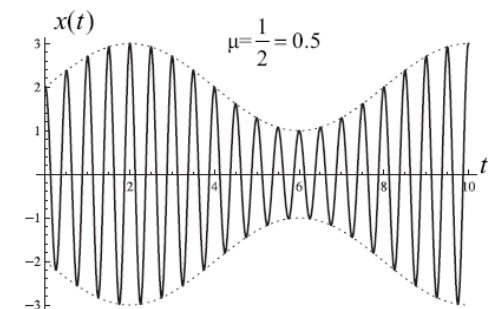
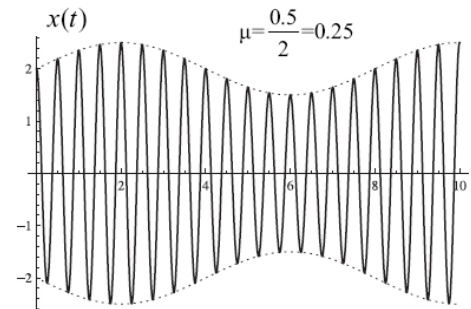
$$A_c = 2$$

$$a \Rightarrow \{0.5, 1, 1.33, 2, 3, 4\}$$

$$x(t) = \left[ A_c + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{4} t \right] \cos 4\pi t$$

$$= A_c \left[ 1 + \mu \sin \frac{\pi}{4} t \right] \cos 4\pi t$$

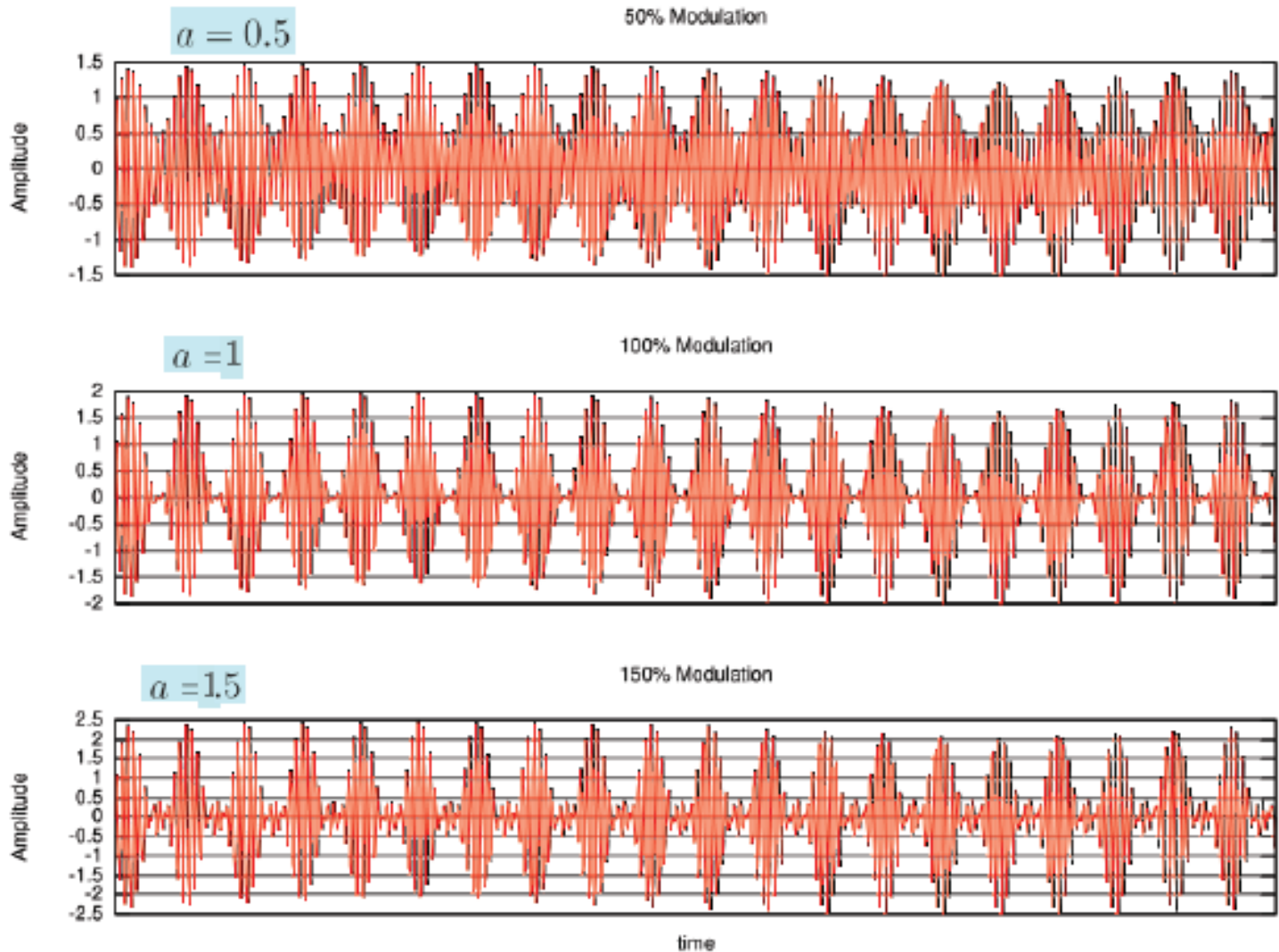
$$\mu = a/2$$



# Διπλής πλευρικής ζώνης με συνολικό φέρον ή AM (1/2)

$$A_c = 1$$

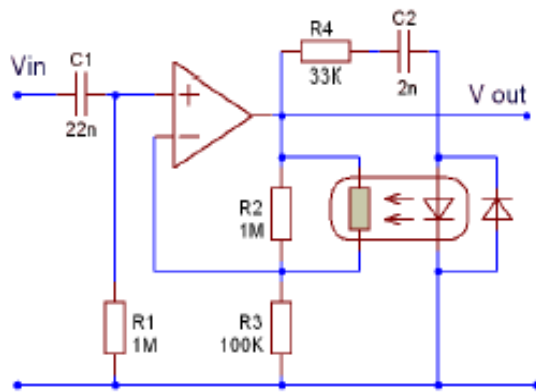
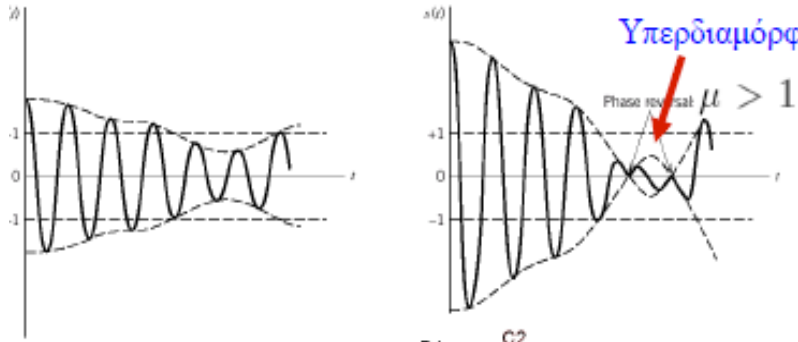
$$\mu = \frac{(U_{\max} - U_{\min})}{(U_{\max} + U_{\min})}$$



# Διπλής πλευρικής ζώνης με συνολικό φέρον ή AM (2/2)



$\omega$



- ✓ Πρακτικά συστήματα AM εκπομπής χρησιμοποιούν ένα είδος κυκλώματος περιοριστή προκειμένου να αποφευχθεί η υπερδιαμόρφωση
- ✓ Τέτοια κυκλώματα ονομάζονται VOGAD ή voice-operated gain-adjusting device και είναι ένας τύπος Automatic Gain Control: Η έξοδος εφαρμόζεται στην είσοδο, ώστε να διατηρηθεί το πλάτος εξόδου στα επιθυμητά επίπεδα.



# ΑΜ: Φασματικό περιεχόμενο

$$X(f) = \mathcal{F}[x(t)] = \mathcal{F}[[A_c + m(t)] \cos 2\pi f_c t] = \mathcal{F}[m(t) \cos 2\pi f_c t] + \mathcal{F}[A_c \cos 2\pi f_c t]$$

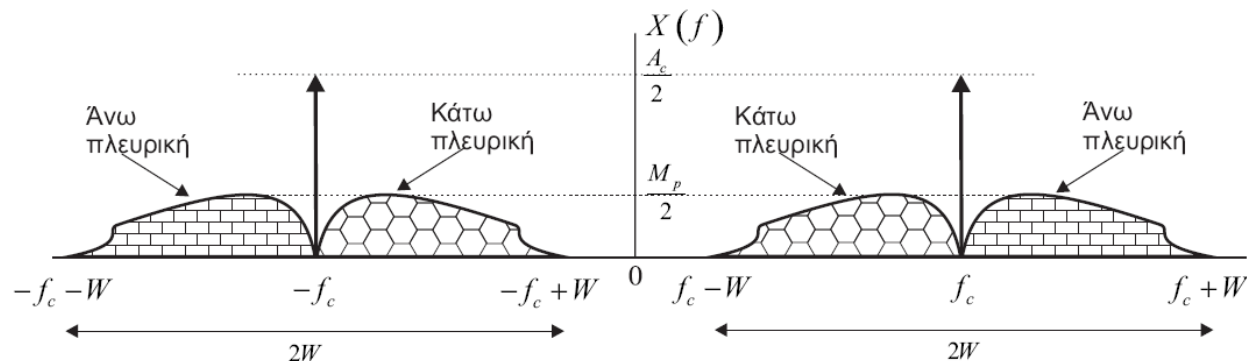
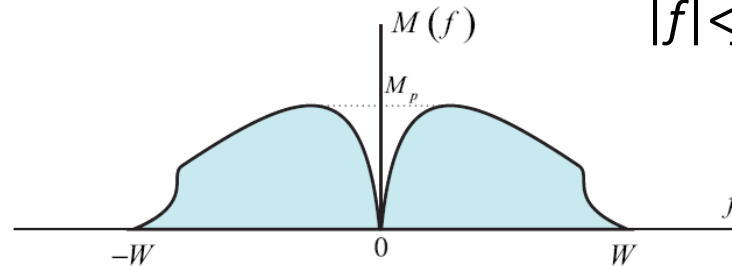
$$= \frac{1}{2}[M(f - f_c) + M(f + f_c)] + \frac{1}{2}A_c[\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)],$$

Άνω πλευρική ζώνη  
(Upper side band)

$$|f| > f_c$$

Κάτω πλευρική ζώνη  
(Lower side band)

$$|f| < f_c$$



# AM: Ισχύς

$$V(t) = A_c + m(t) \quad \Longrightarrow \quad \mathcal{P}_{AM} = \frac{1}{2}A_c^2 + \frac{1}{2}\mathcal{P}_m$$

Συντελεστής  
απόδοσης ισχύος

$$\Longrightarrow \quad \eta = \frac{\frac{1}{2}\mathcal{P}_m}{\mathcal{P}_c + \frac{1}{2}\mathcal{P}_m} = \frac{\mathcal{P}_m}{A_c^2 + \mathcal{P}_m}$$

$$m(t) = a \cos 2\pi f_m t \quad \Longrightarrow \quad \eta = \frac{\frac{1}{2}a^2}{\frac{1}{2}a^2 + A_c^2} = \frac{\mu^2}{\mu^2 + 2}$$



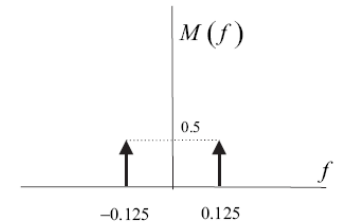
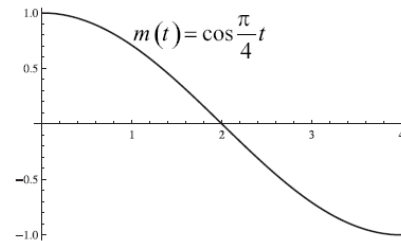
# AM: Φασματικό περιεχόμενο

Να βρεθεί μία έκφραση και να σχεδιαστεί το φάσμα του διαμορφωμένου κατά AM σήματος όταν το σήμα πληροφορίας είναι:

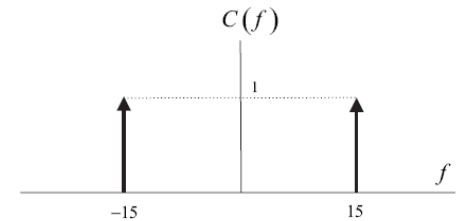
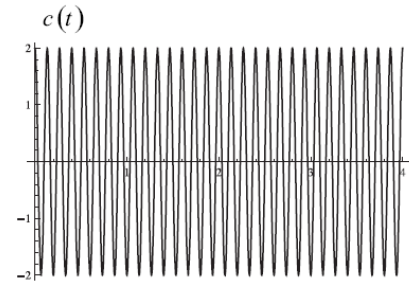
$$m(t) = a \cos(2\pi f_m t),$$

να χρησιμοποιηθεί φέρων σήμα της αρεσκείας σας.

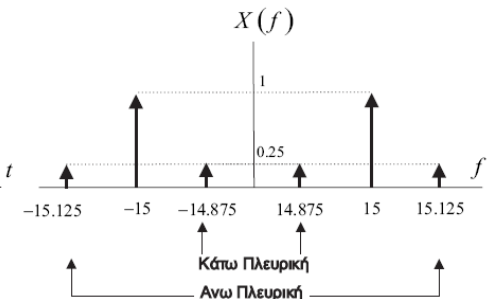
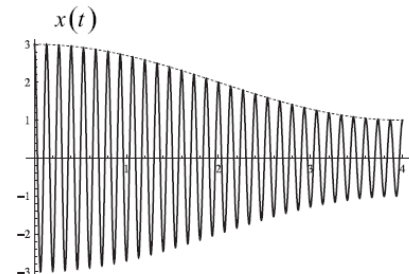
$$A_c = 2, f_c = 15 \text{ Hz}, a = 1 \text{ και } f_m = 0.125 \text{ Hz}$$



$$\begin{aligned} M(f) &= \mathcal{F}[m(t)] \\ &= \mathcal{F}[a \cos 2\pi f_m t] = \frac{a}{2} [\delta(f - f_m) + \delta(f + f_m)] \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} X(f) &= \frac{a}{4} [\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)] \\ &+ \frac{1}{2} A_c [\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)] \end{aligned}$$



# Περιεχόμενα ενότητας

- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΔΙΠΛΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΕΣ – ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΤΕΣ ΑΜ**
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΔΙΠΛΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΜΕ ΚΑΤΑΡΓΗΜΕΝΟ ΦΕΡΟΝ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΜΟΝΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΜΟΝΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΜΕ ΚΑΤΑΛΟΙΓΟ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ





# Διαμορφωτές AM

$$V_{in} = A_c \cos 2\pi f_c t + m(t)$$

$$V_{out} = d_1 V_{in} + d_2 V_{in}^2$$



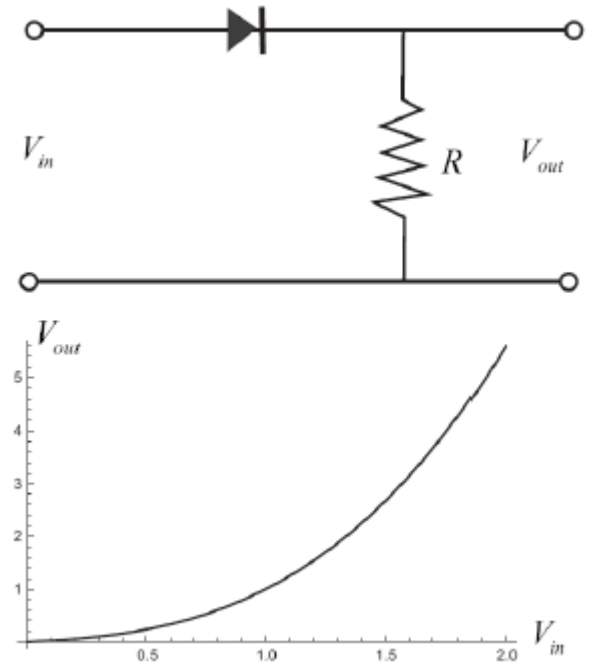
$$\begin{aligned} V_{out} &= d_1 [A_c \cos 2\pi f_c t + m(t)] + d_2 [A_c \cos 2\pi f_c t + m(t)]^2 \\ &= d_1 A_c \cos 2\pi f_c t + d_1 m(t) + d_2 A_c^2 \cos^2 2\pi f_c t \\ &\quad + d_2 m^2(t) + 2d_2 A_c m(t) \cos 2\pi f_c t \\ &= 2d_2 A_c \cos 2\pi f_c t \left[ \frac{d_1}{2d_2} + m(t) \right] + d_1 m(t) + d_2 m^2(t) + d_2 A_c^2 \cos^2 2\pi f_c t \\ &= 2d_2 A_c \cos 2\pi f_c t \left[ \frac{d_1}{2d_2} + m(t) \right] + d_1 m(t) + d_2 m^2(t) + \frac{d_2 A_c^2}{2} (1 + \cos 4\pi f_c t) \end{aligned}$$



BPF

$$V_{out} \simeq 2d_2 A_c \cos 2\pi f_c t \left[ \frac{d_1}{2d_2} + m(t) \right]$$

Σήμα AM  $x(t) = [A_c + m(t)] \cos 2\pi f_c t$

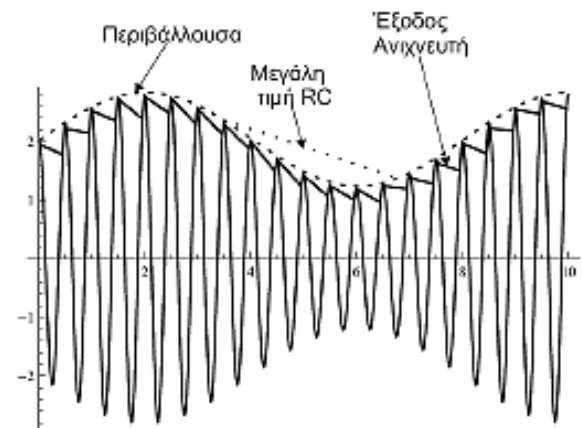
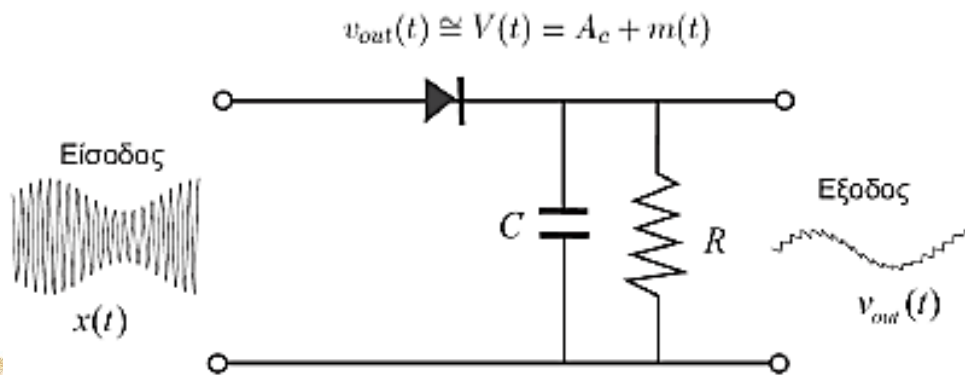


# Ασύμφωνοι Αποδιαμορφωτές AM (1/2)

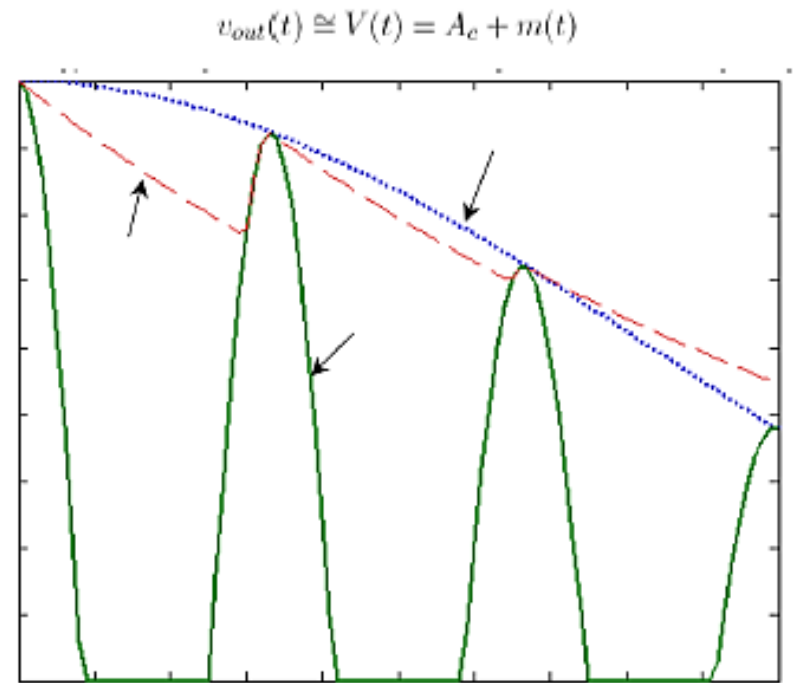
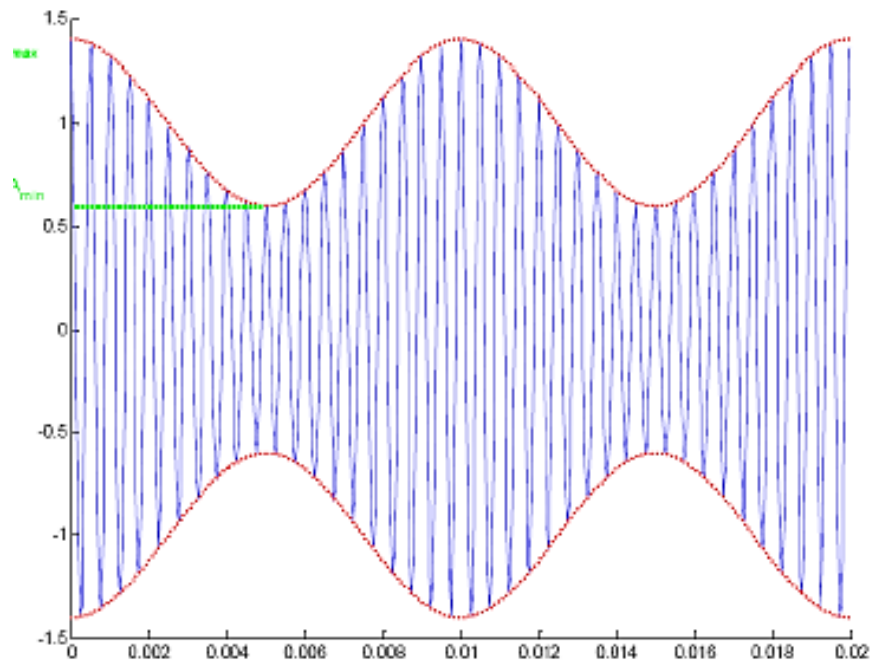
✓ Όσο διαρκεί η άνοδος της τάσης σε μια θετική ημιπερίοδο η θετικά πολωμένη δίοδος άγει και ο πυκνωτής φορτίζεται έως τη μέγιστη τιμή του σήματος.

✓ Όταν η τάση του σήματος αρχίζει να λαμβάνει τιμές κάτω από τη μέγιστη τιμή, η δίοδος -ανάστροφα πλέον πολωμένη- δεν άγει αφού η τάση στα άκρα του πυκνωτή είναι μεγαλύτερη από τη τάση εισόδου. Τότε ο πυκνωτής εκφορτίζεται μέσω της αντίστασης,  $R$ , με χαμηλό ρυθμό και σύμφωνα με τη σταθερά χρόνου,  $\tau=RC$ .

✓ Κατά τη διάρκεια της επόμενης θετικής ημιπεριόδου επαναλαμβάνεται η ίδια λειτουργία. Με τον τρόπο αυτό η τάση εξόδου στα άκρα του πυκνωτή,  $v_{out}(t)$ , παρακολουθεί την περιβάλλουσα του σήματος εισόδου.



# Ασύμφωνοι Αποδιαμορφωτές AM (2/2)

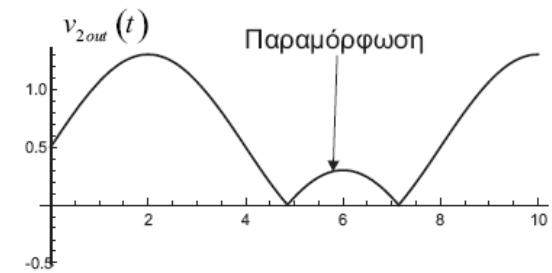
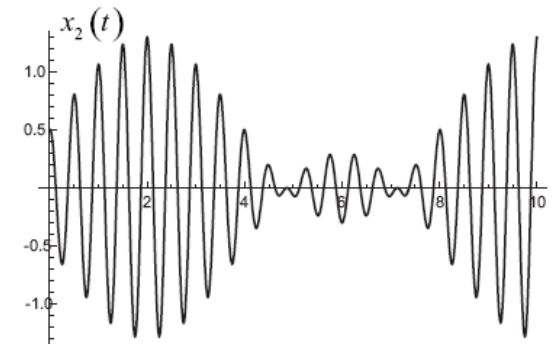
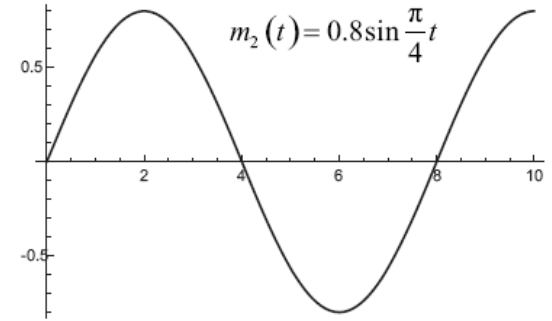
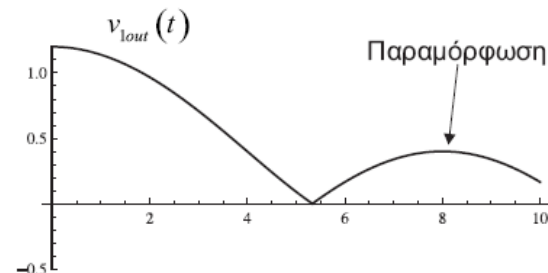
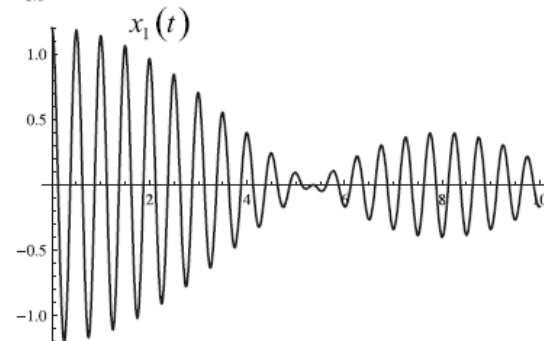
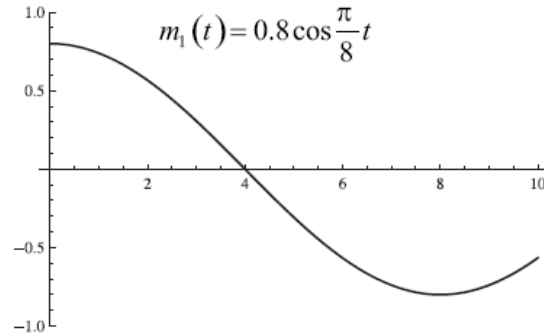


# Ασύμφωνοι Αποδιαμορφωτές ΑΜ: Υπερδιαμόρφωση

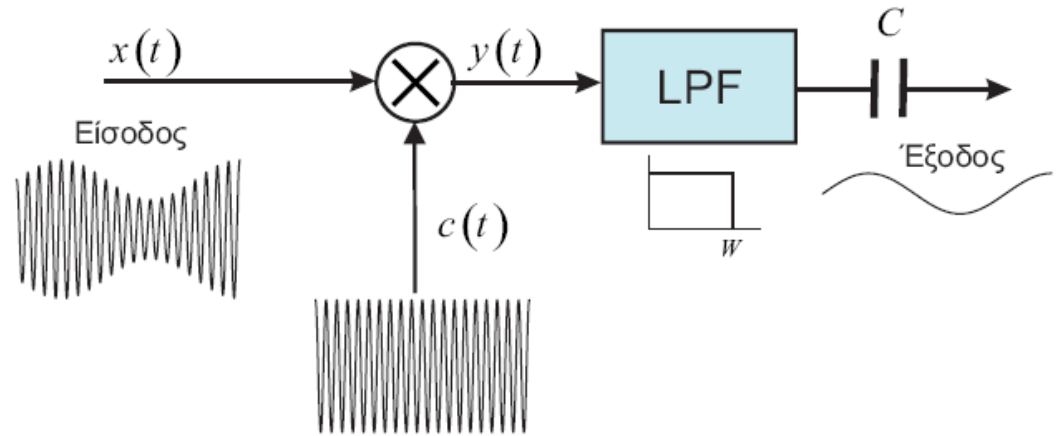
$$\mu = 2$$



$$A_c = 0.4$$



# Σύμφωνοι Αποδιαμορφωτές AM



PLL

$$\begin{aligned}
 y(t) &= x(t) \cos 2\pi f_c t = [A_e + m(t)] \cos^2 2\pi f_c t \\
 &= A_e \cos^2 2\pi f_c t + m(t) \cos^2 2\pi f_c t \\
 &= \frac{A_e}{2} [1 + \cos 4\pi f_c t] + \frac{1}{2} m(t) + \frac{1}{2} m(t) \cos 4\pi f_c t
 \end{aligned}$$

Απομάκρυνση

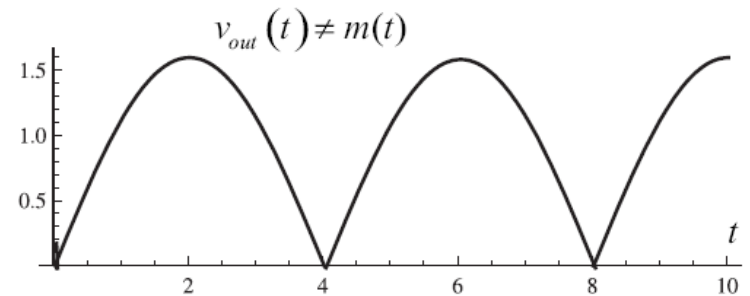
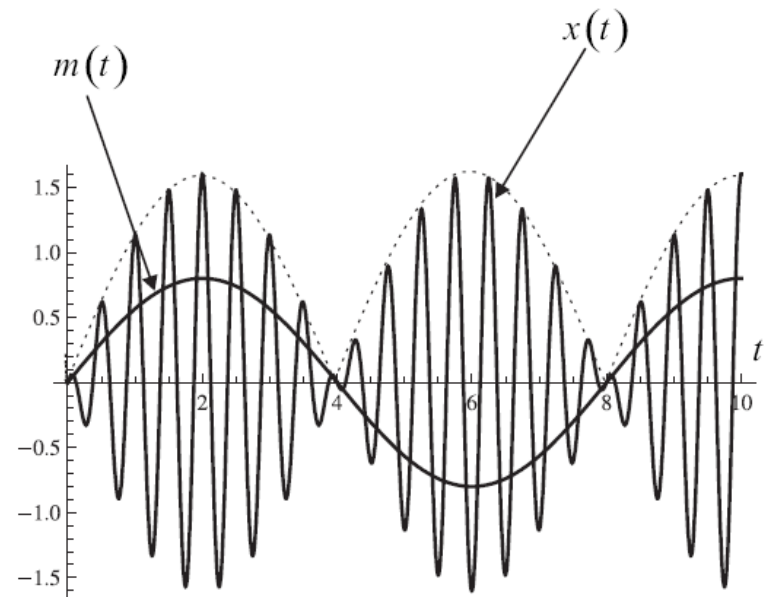
$$\begin{aligned}
 &= [A_e + m(t)] \cos(2\pi f_c t + \phi) \cos 2\pi f_c t \\
 &= \frac{1}{2} [A_e + m(t)] [\cos(4\pi f_c t + \phi) + \cos \phi] \\
 &= \frac{1}{2} [A_e + m(t)] \cos(4\pi f_c t + \phi) + \frac{1}{2} [A_e + m(t)] \cos \phi.
 \end{aligned}$$

Υποβάθμιση



# Ο ανιχνευτής περιβάλλουσας σαν αποδιαμορφωτής DSB-SC AM

Να εξετάσετε αν ο ανιχνευτής περιβάλλουσας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποδιαμόρφωση σημάτων DSB-AM-SC.



$$v_{out} = |V(t)| = A_c |m(t)|$$



# Περιεχόμενα ενότητας

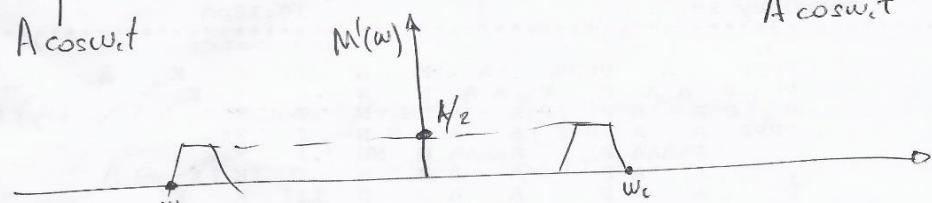
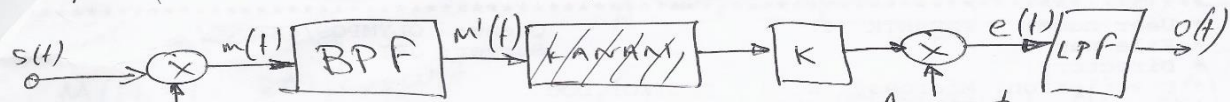
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΔΙΠΛΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΕΣ – ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΤΕΣ ΑΜ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΔΙΠΛΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΜΕ ΚΑΤΑΡΓΗΜΕΝΟ ΦΕΡΟΝ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΜΟΝΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ**
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΜΟΝΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΜΕ ΚΑΤΑΛΟΙΠΟ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ



# AM-SSB-SC

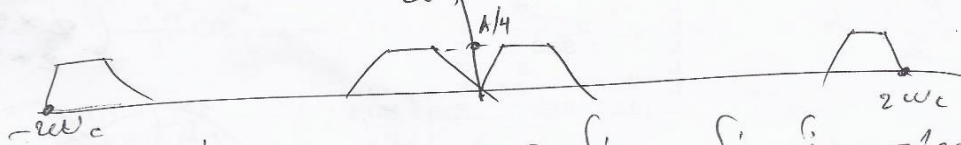
## AM

Χρησιμοποιείται ένας CB σταθμός (ερακλεχνικός)

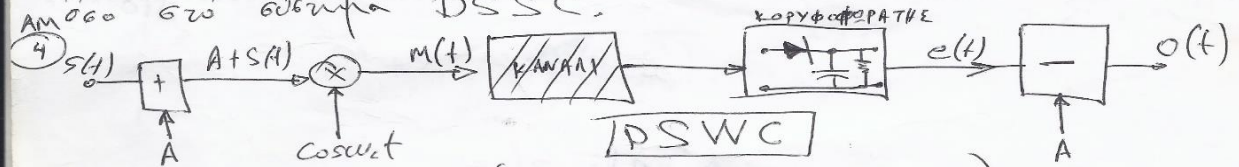


Bandwidth  $BW_s \rightarrow \omega_s$

$$e(t) = A m'(t) \cos \omega_c t \rightarrow E(\omega) = \frac{A}{2} M'(\omega - \omega_c) + \frac{A}{2} M'(\omega + \omega_c)$$



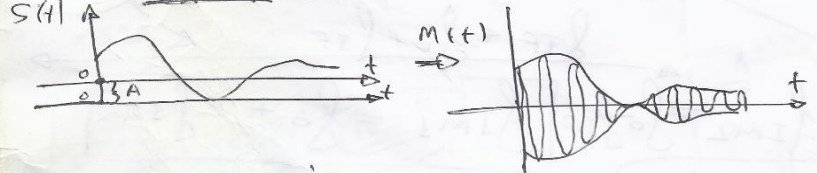
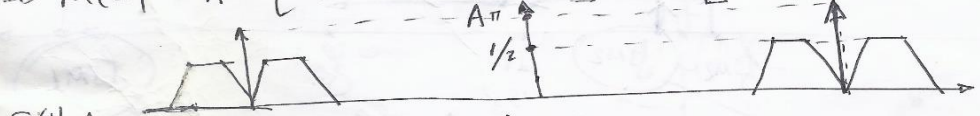
το ίδιο σύστημα στην συχνότητα ω\_s είναι δίνονται δύο σήματα AM στο ίδιο σύστημα DSSC.



$A: A + s(t) \geq 0 \quad A \geq (\text{μέγιστη αρνητική τιμή του } s)$

$$m(t) = (A + s(t)) \cos \omega_c t = A \cos \omega_c t + s(t) \cdot \cos \omega_c t \rightarrow$$

$$\rightarrow M(\omega) = A \pi \cdot [\delta(\omega - \omega_c) + \delta(\omega + \omega_c)] + \frac{1}{2} [S(\omega - \omega_c) + S(\omega + \omega_c)]$$



• απορροφητικός  
βόλι ενόσω παρατηρήσεων  
μην σοβαρή



T  
I  
M  
H  
M  
A

$$S(t) = K \cos \omega_s t$$

$$A \equiv \frac{\text{μεγίστη άρνητική τιμή του } S(t)}{m}$$

$$M(t) = (A + S(t)) \cos \omega_c t$$

$$A = \frac{K}{m \sin \alpha} \quad m = \frac{K}{A} \equiv \text{δύναμη διαμόρφωσης}$$

(Τι είδητα συμπάδουσε για να έχουμε φθονά παλιόφωνα)

$$M(t) = [A + K \cos \omega_s t] \cos \omega_c t = A [1 + m \cos \omega_s t] \cos \omega_c t =$$

$$= A \cos \omega_c t + \frac{AM}{2} \cos(\omega_c - \omega_s)t + \frac{AM}{2} \cos(\omega_c + \omega_s)t$$

$$P_c = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} A^2 \cos^2(\omega_c t) dt = \frac{A^2}{2\pi} \left[ \frac{t}{2} + \frac{\sin 2\omega_c t}{4\omega_c} \right]_{-\pi}^{\pi} = \frac{\pi}{2\pi} A^2 = \frac{A^2}{2}$$

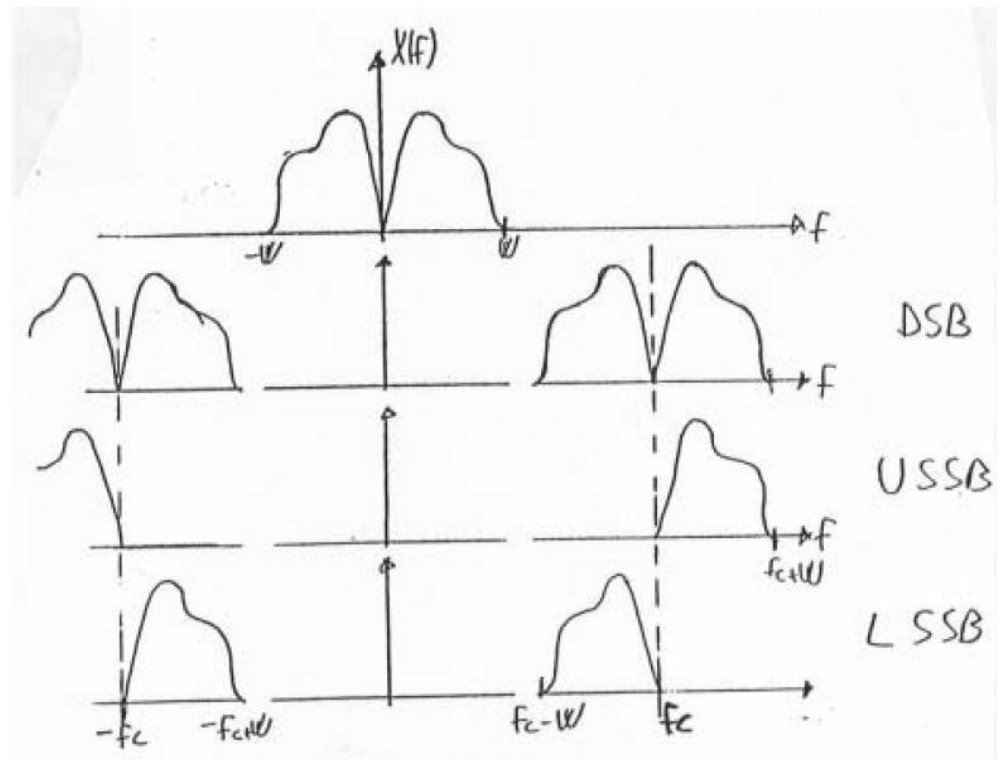
$$P_s = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \frac{A^2 m^2}{2^2} \cos^2(\omega_c - \omega_s)t + \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \frac{A^2 m^2}{2^2} \cos^2(\omega_c + \omega_s)t = \frac{AM^2}{2} = \left(\frac{AM}{2}\right)^2$$

$$P_T = P_c + P_s = \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) \frac{A^2}{2}$$

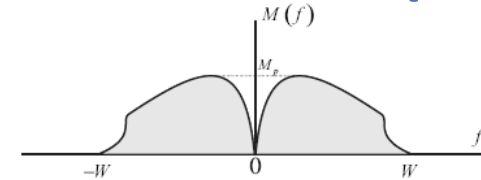
$$\frac{P_s}{P_T} = \frac{m^2}{m^2 + 2} = \frac{\frac{A^2 m^2}{4}}{\frac{A^2}{2} \left(\frac{2+m^2}{2}\right)} = \frac{m^2}{m^2 + 2} = 33,3\% \quad \text{για } m=1$$

# Single Sideband AM, SSB-AM (1/5)

- ✓ Οι δύο πλευρικές ζώνες περιέχουν την ίδια πληροφορία για το σήμα μηνύματος
- ✓ Μπορούμε να μεταδώσουμε την μία προκειμένου να εξοικονομήσουμε εύρος ζώνης

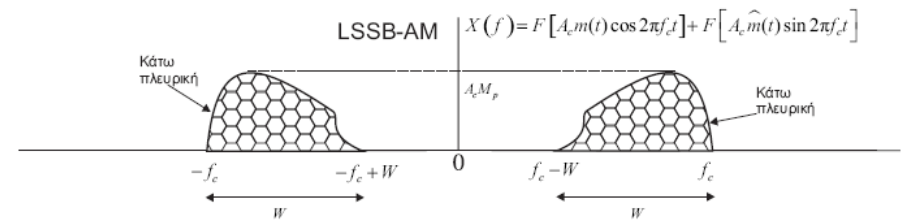
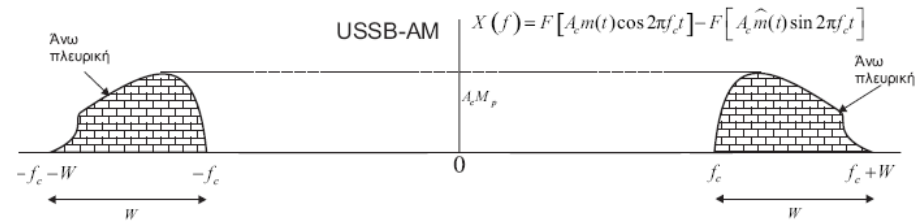
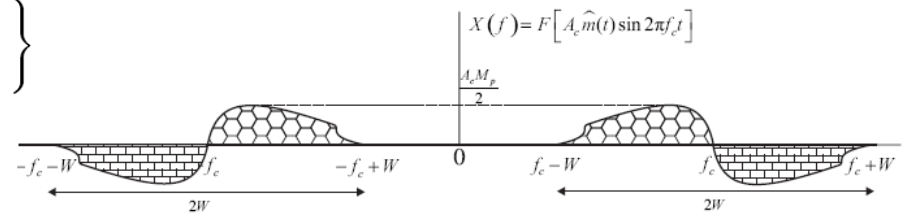
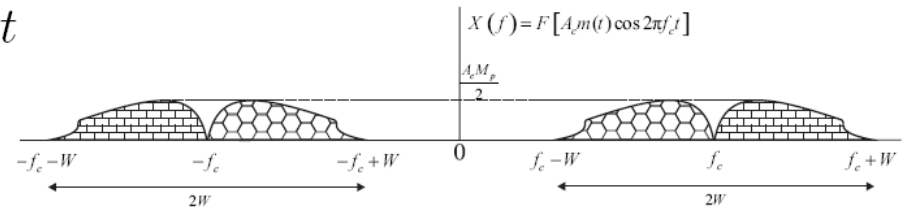


# Single Sideband AM, SSB-AM (2/5)



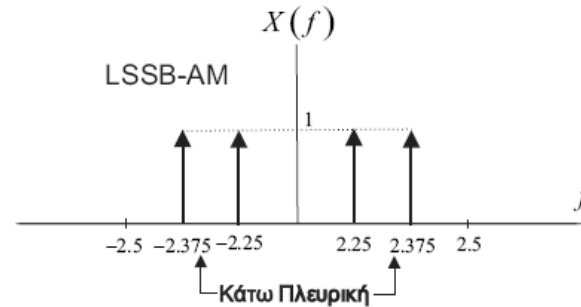
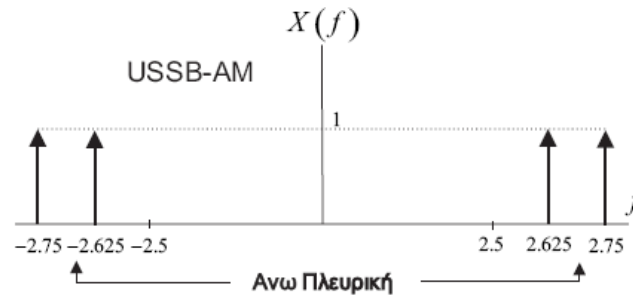
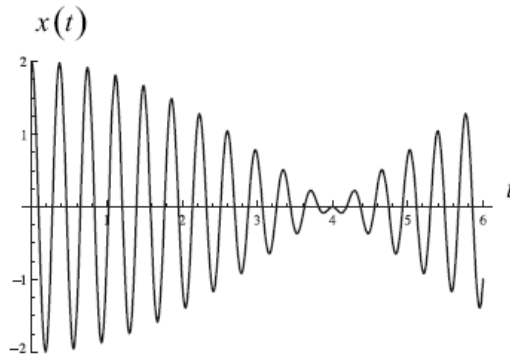
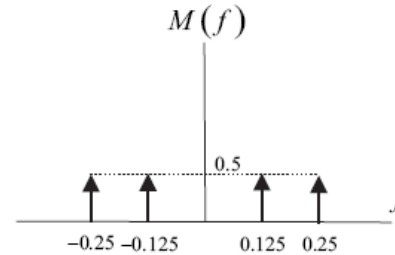
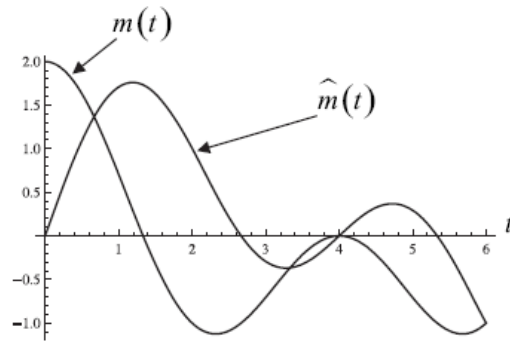
$$x(t) = A_c m(t) \cos 2\pi f_c t \mp A_c \hat{m}(t) \sin 2\pi f_c t$$

$$X(f) = A_c \left\{ \begin{array}{l} M(f - f_c), f > f_c \\ 0, f < f_c \end{array} \right\} + A_c \left\{ \begin{array}{l} 0, f > -f_c \\ M(f + f_c), f < -f_c \end{array} \right\}$$



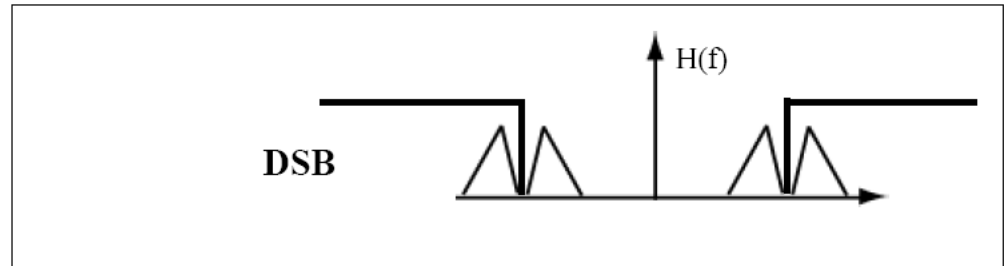
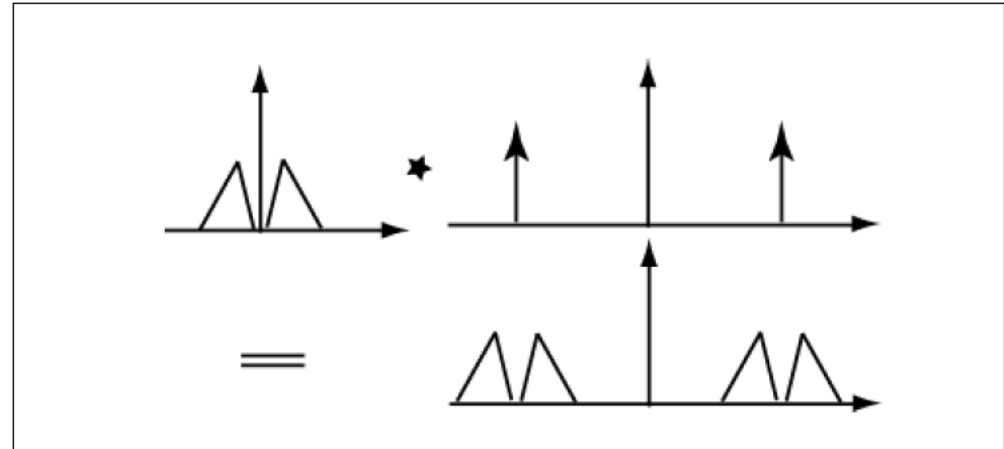
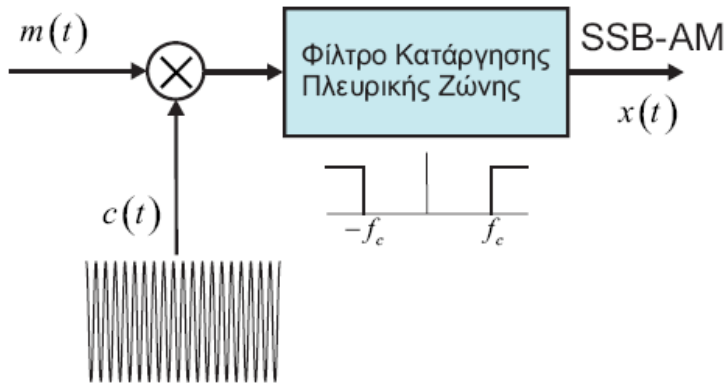
# Single Sideband AM, SSB-AM (3/5)

$$m(t) = \cos \frac{\pi}{4}t + \cos \frac{\pi}{2}t \text{ και } c(t) = 2 \cos 5\pi t$$



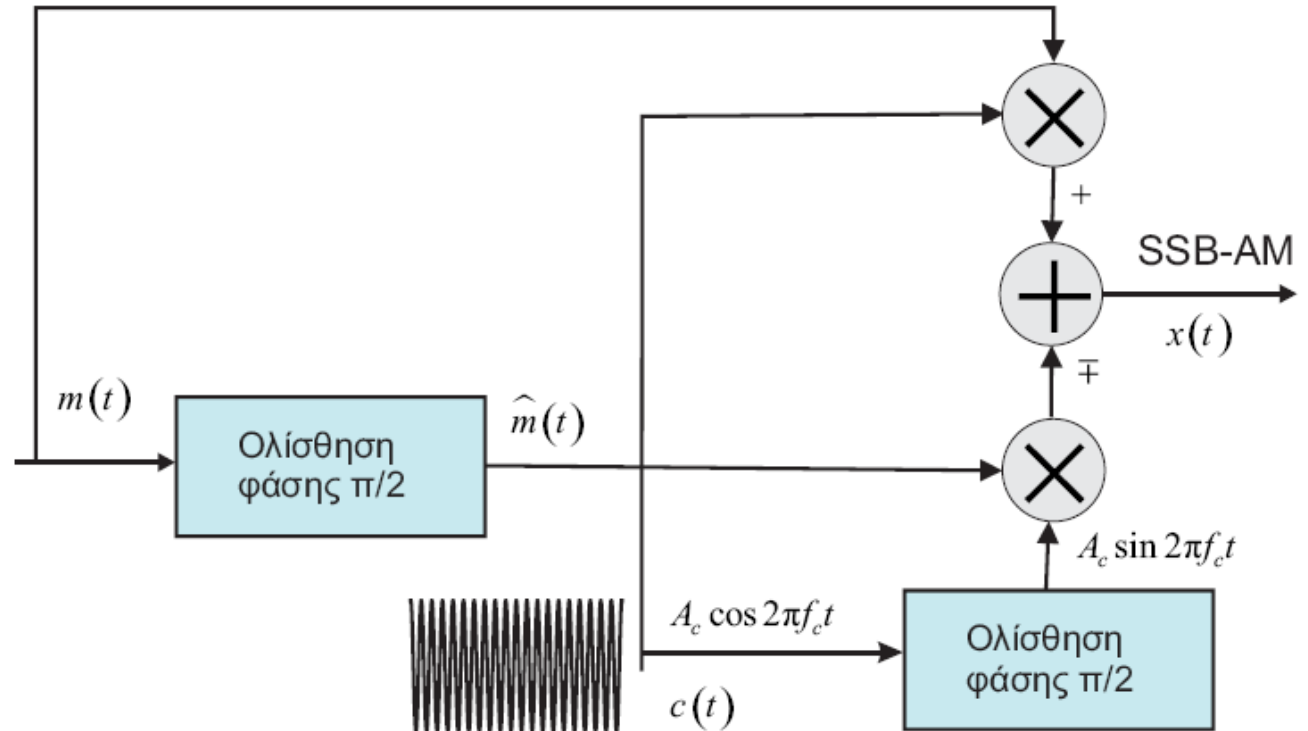
# Single Sideband AM, SSB-AM (4/5)

## Μέθοδος Ζωνοπερατού Φίλτρου



# Single Sideband AM, SSB-AM (5/5)

Μέθοδος  
Ολίσθησης Φάσης



$$x(t) = A_c m(t) \cos 2\pi f_c t \mp A_c \hat{m}(t) \sin 2\pi f_c t$$



# Αποδιαμόρφωση SSB-AM

## Σύμφωνος Αποδιαμορφωτής

$$x(t) = A_c m(t) \cos 2\pi f_c t \mp A_c \hat{m}(t) \sin 2\pi f_c t$$

$$y(t) = x(t) \cos 2\pi f_c t$$

$$= [A_c m(t) \cos 2\pi f_c t \mp A_c \hat{m}(t) \sin 2\pi f_c t] \cos 2\pi f_c t$$

$$= A_c m(t) \cos^2 2\pi f_c t \mp A_c \hat{m}(t) \sin 2\pi f_c t \cos 2\pi f_c t$$

$$= \frac{1}{2} A_c m(t) + \frac{1}{2} A_c [\cos 4\pi f_c t \mp \hat{m}(t) \sin 4\pi f_c t].$$



Εξάλειψη  
συχνοτήτων  
διπλάσιας  
συχνότητας

$$\frac{1}{2} A_c m(t)$$



# Περιεχόμενα ενότητας

- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΔΙΠΛΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΕΣ – ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΤΕΣ ΑΜ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΔΙΠΛΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΜΕ ΚΑΤΑΡΓΗΜΕΝΟ ΦΕΡΟΝ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΜΟΝΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΑΜ ΜΟΝΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΜΕ ΚΑΤΑΛΟΙΠΟ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ





# Διαμόρφωση μονής πλευρικής ζώνης (Single Sideband AM-SSB)

## Μειονεκτήματα - Πλεονεκτήματα

- ✓ Για την εξασφάλιση συμφασικού σήματος αναφοράς χρησιμοποιείται η μέθοδος της εκπομπής τόνου πιλότου. Έτσι εξαλείφεται η ανεπιθύμητη συνιστώσα του σήματος πλευρικής ζώνης αλλά διατίθεται μέρος της ισχύος για τον τόνο.
- ✓ Η φασματική απόδοση του SSB την κάνει ελκυστική σε επικοινωνίες μέσα από τηλεφωνικά κανάλια
- ✓ Η χρήση του φίλτρου για την επιλογή μιας από τις δύο πλευρικές είναι δύσκολο να υλοποιηθεί αν το σήμα μηνύματος έχει ισχύ κοντά στο  $f=0$  (γιατί;).



# SSB με κατάλοιπο πλευρικής Vestigial Side Band AM, VSB-AM (1/2)

- ✓ Χαλάρωση της αυστηρής απαίτησης στην απόκριση συχνότητας του ζωνοπερατού φίλτρου. Εμφάνιση κατάλοιπου.



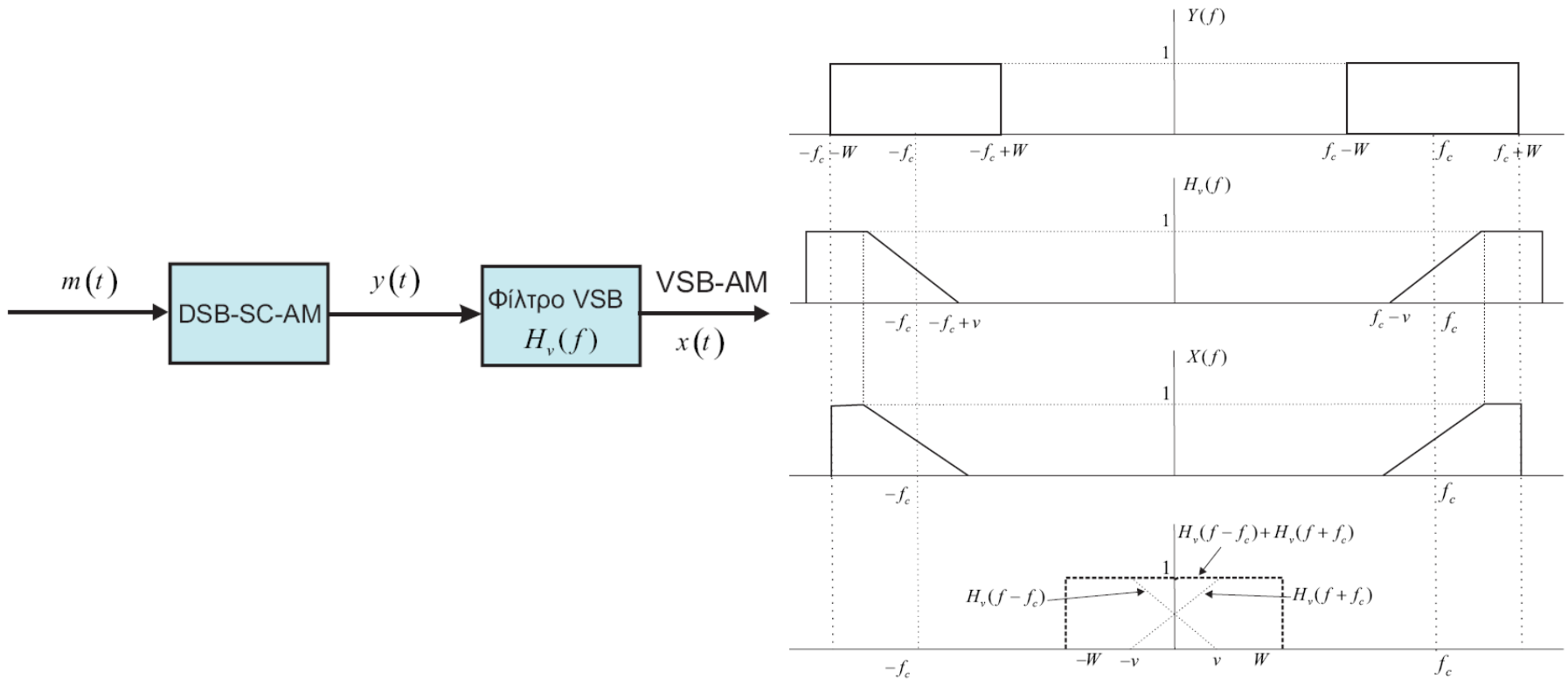
## **AM με κατάλοιπο πλευρικής ζώνης- Vestigial Side-band (VSB-AM)**

- ✓ Ένας συμβιβασμός μεταξύ DSB-AM και SSB-AM
- ✓ Εύρος ζώνης πλησιέστερο στο SSB-AM
- ✓ Ευκολότερο στην υλοποίηση από το SSB-AM
- ✓ Το σήμα πληροφορίας μπορεί πλέον να περιέχει και χαμηλές συχνότητες



# SSB με κατάλοιπο πλευρικής

## Vestigial Side Band AM, VSB-AM (2/2)



# Σύνοψη διαμορφώσεων πλάτους

	AM	DSB-AM-SC	SSB-AM	SSB-AM+C	VSB-AM	VSB-AM+C
$x_I(t)$	$A_c+m(t)$	$A_c m(t)$	$A_c m(t)$	$A_c+m(t)$	$A_c m(t)$	$A_c+m(t)$
$x_Q(t)$	0	0	$A_c \dot{m}(t)$	$A_c \dot{m}(t)$	$A_c m_u(t)$	$A_c m_u(t)$
Εύρος ζώνης	$2W$	$2W$	$W$	$W$	$W+W/k$	$W+W/k$
Αποδιαμόρφωση	Ασύμφωνη	Σύμφωνη	Σύμφωνη	Ασύμφωνη	Σύμφωνη	Ασύμφωνη
Αποδοτικότητα ισχύος	Μικρή	Μέγιστη	Μέγιστη	Πολύ μικρή	Μέγιστη	Πολύ μικρή
Πολυπλοκότητα δέκτη	Μικρή	Μεγάλη	Μεγάλη	Μικρή	Μεγάλη	Μικρή
Κόστος δέκτη	Χαμηλό	Υψηλό	Υψηλό	Χαμηλό	Υψηλό	Χαμηλό



# M. Fourier

## Ιδιότητες MF

M. F.

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

$|F(\omega)| \equiv$  φάσμα ισχύος του  $f(t)$   
 γυφία του  $F(\omega) \equiv$  φάσμα φάσεως του  $f(t)$ .

$|F(\omega)|^2 \equiv$  ωσυνόμια φάσματος ενέργειας  $\int_{-\infty}^{\infty} f^2(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |F(\omega)|^2 d\omega$  ↑ ενέργεια του  $f(t)$

$F(\omega) = A(\omega) e^{j\varphi(\omega)}$   
↓ φάσμα ισχύος ↓ φάσμα φάσεως

$S(\omega) \equiv$  φάσμα ωσυνόμιας ενέργειας

### ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ M. F.

Γραμμικότητα:  $f_1(t) \leftrightarrow F_1(\omega) \Rightarrow \alpha_1 f_1(t) + \alpha_2 f_2(t) \leftrightarrow \alpha_1 F_1(\omega) + \alpha_2 F_2(\omega)$

Συμμετρία:  $f(t) \leftrightarrow F(\omega) \Rightarrow F(t) \leftrightarrow 2\pi f(-\omega)$  ↑  $\delta(t)$  ↑  $\delta(\omega)$

time scaling:  $f(t) \leftrightarrow F(\omega) \Rightarrow f(\alpha t) \leftrightarrow \frac{1}{|\alpha|} F\left(\frac{\omega}{\alpha}\right)$

Χρονική μετατόπιση:  $f(t) \leftrightarrow F(\omega) \Rightarrow f(t-t_0) \leftrightarrow F(\omega) e^{-j\omega t_0} = A(\omega) e^{j(\varphi(\omega)-\omega t_0)}$

Μετατόπιση συχνότητας:  $f(t) \leftrightarrow f(\omega) \Rightarrow e^{j\omega_0 t} f(t) \leftrightarrow F(\omega - \omega_0)$   
 shifting:  $\hat{=}$  μετατόπιση

Διαφορική στον χρόνο:  $f(t) \leftrightarrow F(\omega) \Rightarrow f^{(n)}(t) \leftrightarrow (j\omega)^n F(\omega)$   
 $\frac{1}{(j\omega)^n} f^{(n)}(t) \leftrightarrow F(\omega)$

Διαφορική στη συχνότητα:  $f(t) \leftrightarrow F(\omega) \Rightarrow (-jt)^n f(t) \leftrightarrow F^{(n)}(\omega)$

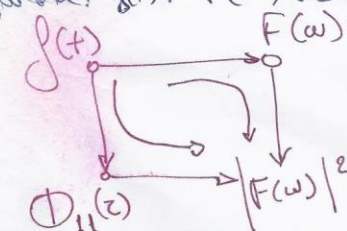
Συζυγείς συναρτήσεις:  $f^*(t) \leftrightarrow F^*(-\omega)$

Συνένδυση στο χρόνο:  $f_1(t) \leftrightarrow F_1(\omega) \wedge f_2(t) \leftrightarrow F_2(\omega) \Rightarrow f_1(t) * f_2(t) \Rightarrow F_1(\omega) F_2(\omega)$

Συνένδυση στη συχνότητα:  $f_1(t) \cdot f_2(t) \Rightarrow \frac{1}{2\pi} [F_1(\omega) * F_2(\omega)]$

Θεώρημα Parseval:  $f(t) \leftrightarrow F(\omega) \Rightarrow \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |F(\omega)|^2 d\omega$

Αναγωγή:  $f(t) \leftrightarrow F(\omega) \leftrightarrow \int_{-\infty}^{\infty} f(t) dt \leftrightarrow \frac{1}{j\omega} F(\omega) + \pi F(0) \delta(\omega)$



Wiener - Khinchine

Τέλος Ενότητας

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» 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.



Σημειώματα



# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0**.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, **Μιχαήλ Λογοθέτης 2015**. «**Συστήματα Επικοινωνιών – Ενότητα 3: Διαμόρφωση πλάτους**». Έκδοση: **1.0**. Πάτρα **2015**.  
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<https://eclass.upatras.gr/courses/EE789/> .



# 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.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Τα σχήματα στις διαφάνειες 8, 19-21, 25-26, 31-32, 34 και 36 προέρχονται από το σύγγραμμα του μαθήματος “Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα”, Εκδόσεις Τζιόλα, μετά από άδεια του συγγραφέα Καθ. Γ. Καραγιαννίδη.

