



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# Συστήματα Επικοινωνιών

Ενότητα 4: Απόδοση συστημάτων AM υπό θόρυβο

Μιχαήλ Λογοθέτης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών  
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

# Σκοποί ενότητας

- Παρουσίαση της γενικής μορφής ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος υπό θόρυβο
- Περιγραφή της επίδρασης του θορύβου σε AM με σύμφωνη αποδιαμόρφωση και εξαγωγή συμπερασμάτων
- Περιγραφή της επίδρασης του θορύβου σε AM με ασύμφωνη αποδιαμόρφωση και εξαγωγή συμπερασμάτων



# Περιεχόμενα ενότητας

- ❑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
- ❑ ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΣΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
- ❑ ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΑΜ ΜΕ ΣΥΜΦΩΝΗ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ
- ❑ ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΑΜ ΜΕ ΑΣΥΜΦΩΝΗ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ



# Περιεχόμενα ενότητας

## ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΣΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ

ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΑΜ ΜΕ ΣΥΜΦΩΝΗ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΑΜ ΜΕ ΑΣΥΜΦΩΝΗ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ



Ε  
Ι  
Σ  
Α  
Γ  
Ω  
Γ  
Ι  
Κ  
Α

- α) Ύδρωπινοι θόρυβοι  
αρρυθμία, φύλα, διάφοροι φθορισμοί.  $\Rightarrow$  άσφίε κρυστά
- β) Φυσικοί θόρυβοι  
αερακνοι, παραχίτες, σεισμοί.  $\Rightarrow$  άναώφωατα
- γ) Θόρυβοι Σεισμεικών  
Θερμικός θόρυβος ήας ώηικής αντίστασης  
"αυχία" παραχίτη και συνδυασμό των ήκερονιων κ' <sup>(hola)</sup>  $\Rightarrow$  άναώφωατα  
σε ήμιαμφοδ

Άνάμωα άωατεί αιδανόθωρητα κ'  
 Τρώωα άνάμωα θεωρία στοχαστικών επιόων  
Χωοθίεαα

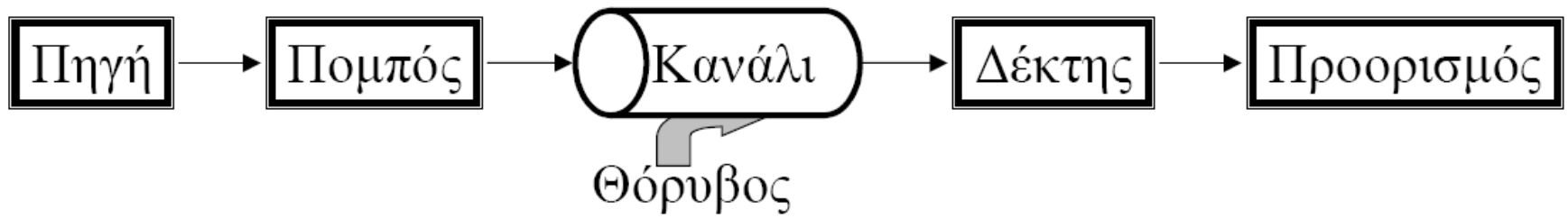
- 1) ύαάρχα ένασ ήόνον θόρυβου  $N(t)$  : αροόθωρηκόσ  
 ήθρωαμα θόρυβων
- 2) ήονέλο :  $M.O.$  ήυδέν  
 και  $R_N(z)$  σκαασική συνάρτηση άωωσυνέχιεα  
 ή  $S_N(\omega)$
- 3) Τέ αμροοροιααία  
 ύήμαα  $S(t)$  όταν ήναα σάχασικά ήναα άωωσύνεαα  
 ήε τόν θόρυβο  $S_N$ .  $R_{SN}(z) = 0$  και  $S_{SN}(\omega) = 0$

4) Εαό δέαα  $S/N$   
 $Z(t) = S(t) + N(t) \xrightarrow{\Lambda \Sigma \Theta} \Lambda \Sigma \Theta = \frac{\text{ίχίοσ τωσ ύήμααα}}{\text{ίχίοσ τωσ θόρυβου}}$   
 ίααα ό θόρυβος ήναα  $\Sigma. \Sigma$ . ίχίοσ  $S_N$  ήαα άωωρη ένέργεια  
 και ή ίχίοσ του ίσοότα ήε τήν διαωροή του  $S_N$ .  $R_N(0)$ .

$S(t) \rightarrow \Sigma. \Sigma$   
 $\rightarrow$  Περιοδική  $\Sigma$ .  
 $\rightarrow$  ήε  $\Sigma. \Sigma$  ίχίοσ  $\rightarrow$   $I_{\text{ίχίοσ}} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} S^2(t) dt$   
 $K \cdot A = \frac{\Lambda \Sigma \Theta \text{ σών έξοδ. τωσ δέααα}}{\Lambda \Sigma \Theta \text{ σών έίσοδ. τωσ δέααα}}$

4) Ιδαααίωσ Άωωδιαοροοωαίωσ  
 (ήαα διαωροή όναα σών ύήμαααα των σασαήόων)

# Τηλεπικοινωνιακό σύστημα: Αρχιτεκτονική



**Σηματοθορυβική Σχέση ή Λόγος Σήματος  
προς Θόρυβο (Signal-to-noise Ratio), S/N**



# Ανάλυση ΤΟΥ AM-DSB- SC ΥΠΟ Θόρυβο (1)

KA=  
SNR<sub>o</sub>/SNR<sub>i</sub>=  
2

$z(t) = m(t) + n(t)$   
 $m(t) = s(t) \cdot A \cdot \cos \omega_c t$   
 $n(t) = n_c(t) \cdot \cos \omega_c t - n_s(t) \cdot \sin \omega_c t$

$(\Lambda \Sigma \Theta)_i = \frac{S_m}{P_N}$   
 $P_N = R_{nn}(0) = E \{ N^2(t) \}$   
 $s(t) \rightarrow S = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s^2(t) dt$   
 $m(t) \xrightarrow{A=1} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s^2(t) \cos^2 \omega_c t dt = \frac{1}{2} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s^2(t) (1 + \cos 2\omega_c t) dt$   
 $= \frac{1}{2} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s^2(t) dt + \frac{1}{2} \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T/2}^{T/2} \cos 2\omega_c t dt = \frac{1}{2} S + 0$

$(\Lambda \Sigma \Theta)_i = \frac{S}{2 \cdot P_{N \rightarrow N_o W}}$

$e(t) = \underbrace{m(t) \cos \omega_c t}_{s(t) \cos^2 \omega_c t} + \underbrace{N(t) \cos \omega_c t}_{n_c(t) \cos^2 \omega_c t - n_s(t) \sin \omega_c t \cos \omega_c t}$   
 $= \frac{s(t)}{2} (1 + \cos 2\omega_c t) + \frac{1}{2} n_c(t) (1 + \cos 2\omega_c t) - \frac{1}{2} n_s(t) \sin 2\omega_c t$   
 $\downarrow \text{LPF}$   
 $\downarrow \text{LPF}$   
 $o(t) = \frac{s(t)}{2} + \frac{1}{2} n_c(t)$

# Ανάλυση του AM-DSB- SC υπό θόρυβο (2)

$$KA = \frac{SNR_o}{SNR_i} = 2$$

Επομένως το  $Z(t)$  των έξοδων του δέκτη γίνεται  $\frac{1}{2}s(t) + \frac{1}{2}n_c(t)$

Η ισχύς του σήματος αυτού είναι:  $\frac{1}{4}S + \frac{1}{4}P_N$   $NSR_o = \frac{\frac{S}{4}}{\frac{P_N}{4}} = \frac{S}{P_N}$

$$\text{Άρα: } K.A. = \frac{NSR_o}{NSR_i} = \frac{S/P_N}{S/(2P_N)} = \underline{\underline{2}}$$

Συμπερασματικά ο θόρυβος έχει ισχύ ίση με  $P_N$  και κατά μορφή είναι  $\sum$  ίσως σε δύο συνιστώσες του:  $n(t)\cos\omega_c t$  και  $-n_s(t)\sin\omega_c t$   
Κάθε μία συνιστώσα έχει ισχύ  $P_N/2$  ώστε το άθροισμά τους είναι  $P_N/2 + P_N/2 = P_N$   
Το  $P_N/2$  αφορά στο  $n_c(t) \cdot \cos\omega_c t$  (ή στο  $n_s(t)\sin\omega_c t$ )  
Επειδή ο πολλαπλασιασμός επί  $\cos\omega_c t$  ρίχνει την ισχύ στο μισό, σημαίνει ότι η ισχύς του  $n_c(t)$  είναι  $P_N$ ! Όπως κ' η ισχύς του  $n_s(t)$ .

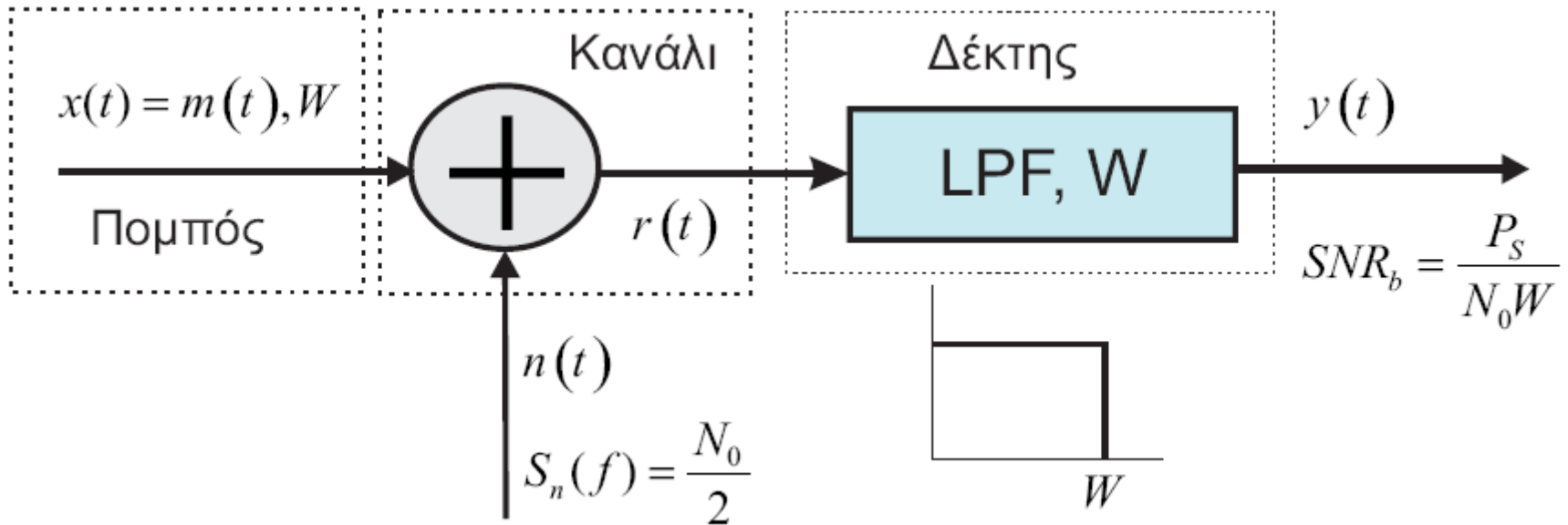


# Περιεχόμενα ενότητας

- ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
- ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΣΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
- ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΑΜ ΜΕ ΣΥΜΦΩΝΗ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ
- ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΑΜ ΜΕ ΑΣΥΜΦΩΝΗ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ



# Θόρυβος σε σύστημα βασικής ζώνης (1/2)

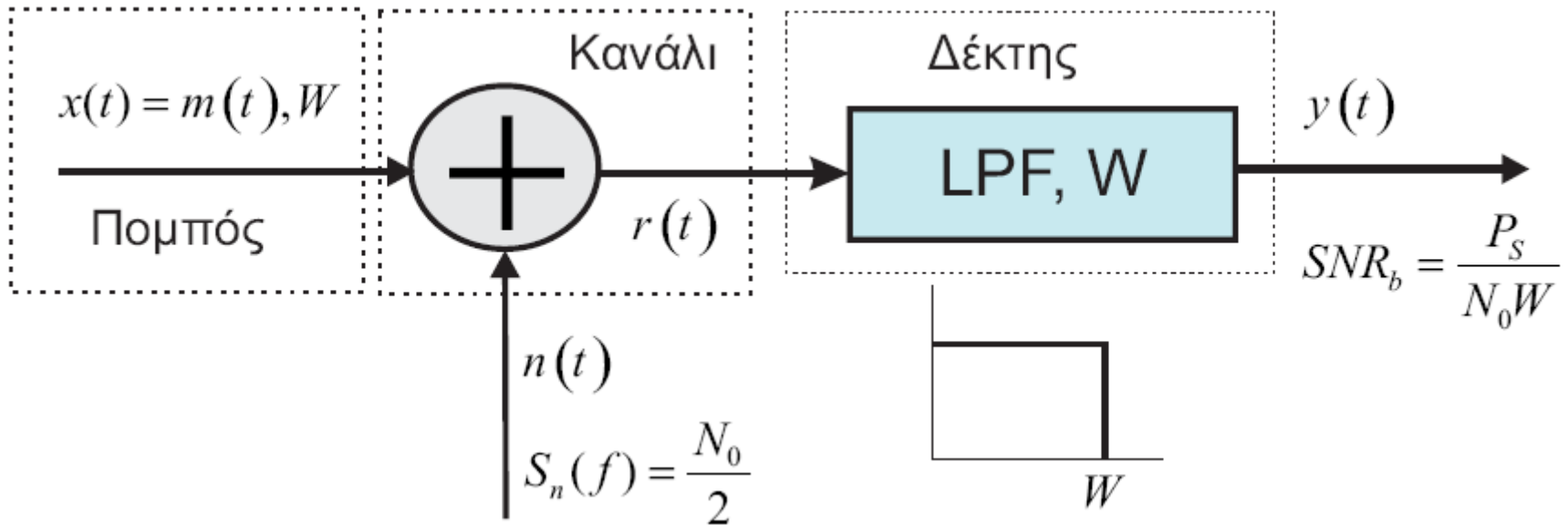


$$r(t) = s(t) + n(t)$$

**Σήμα εισόδου δέκτη**



# Θόρυβος σε σύστημα βασικής ζώνης (2/2)



$$SNR_b = \frac{\mathcal{P}_s}{\mathcal{P}_n} = \frac{\mathcal{P}_s}{\frac{N_0}{2} 2W} = \frac{\mathcal{P}_s}{N_0 W}$$

$$SNR_{IN} = \frac{\mathcal{P}_s}{N_0 B} = SNR_b \left( \frac{W}{B} \right)$$

**Λόγος σήματος προς θόρυβο**

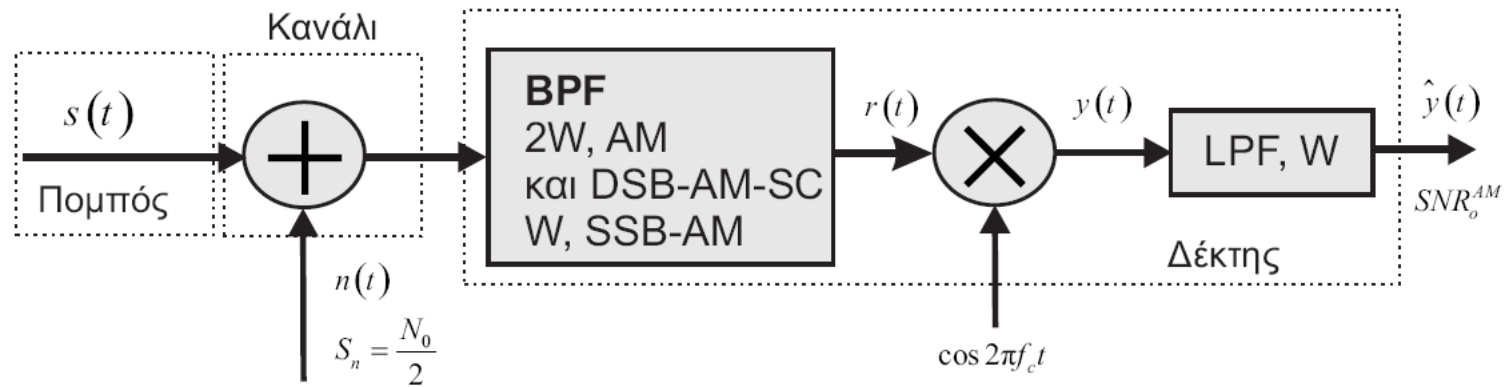


# Περιεχόμενα ενότητας

- ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
- ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΣΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
- ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΑΜ ΜΕ ΣΥΜΦΩΝΗ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ**
- ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΑΜ ΜΕ ΑΣΥΜΦΩΝΗ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ



# Θόρυβος σε AM με Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση (1/6)

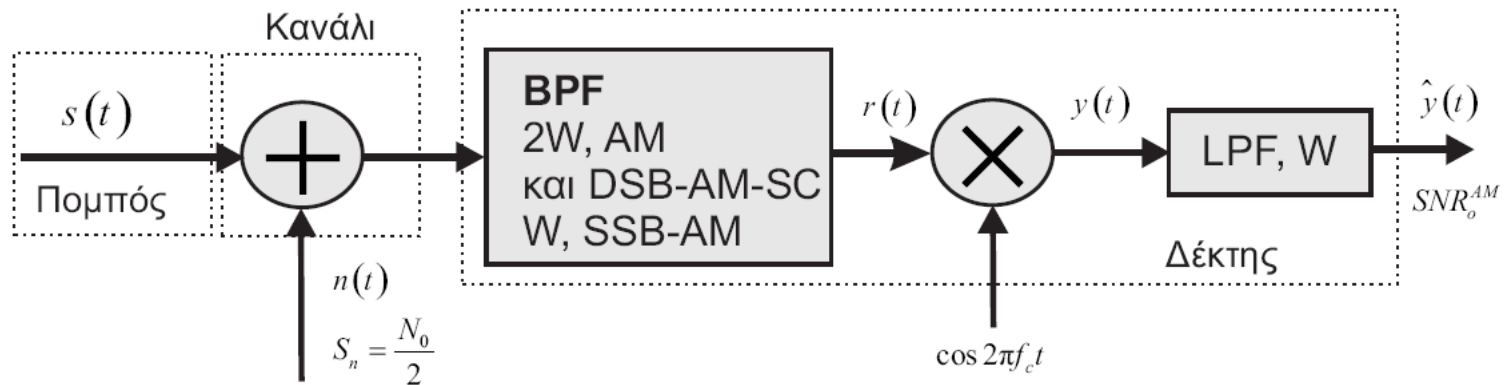


$$n(t) = \text{Re} \left\{ [n_I(t) + jn_Q(t)] e^{j2\pi f_c t} \right\}$$

$$= n_I(t) \cos 2\pi f_c t - n_Q(t) \sin 2\pi f_c t$$

Μαθηματική έκφραση θορύβου

# Θόρυβος σε AM με Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση (2/6)



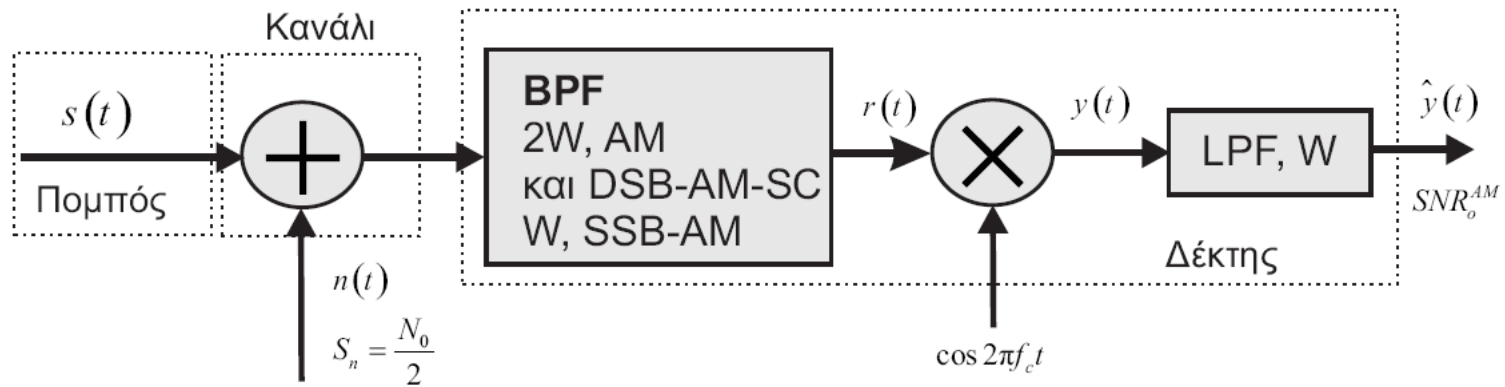
$$\begin{aligned}
 r(t) &= [A_c + m(t)] \cos 2\pi f_c t + n(t) \\
 &= [A_c + m(t) + n_I(t)] \cos 2\pi f_c t - n_Q(t) \sin 2\pi f_c t
 \end{aligned}$$

Σήμα εξόδου του φίλτρου BPF

$$SNR_i^{AM} = (1/2)P_m/P_N$$

Αν εξαιρέσουμε τον φορέα, αφού δεν είναι ούτε πληροφοριακό σήμα ούτε θόρυβος

# Θόρυβος σε AM με Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση (3/6)



Σήμα εισόδου του φίλτρου LPF

$$y(t) = [A_c + m(t) + n_I(t)] \cos^2 2\pi f_c t - n_Q(t) \sin 2\pi f_c t \cos 2\pi f_c t$$

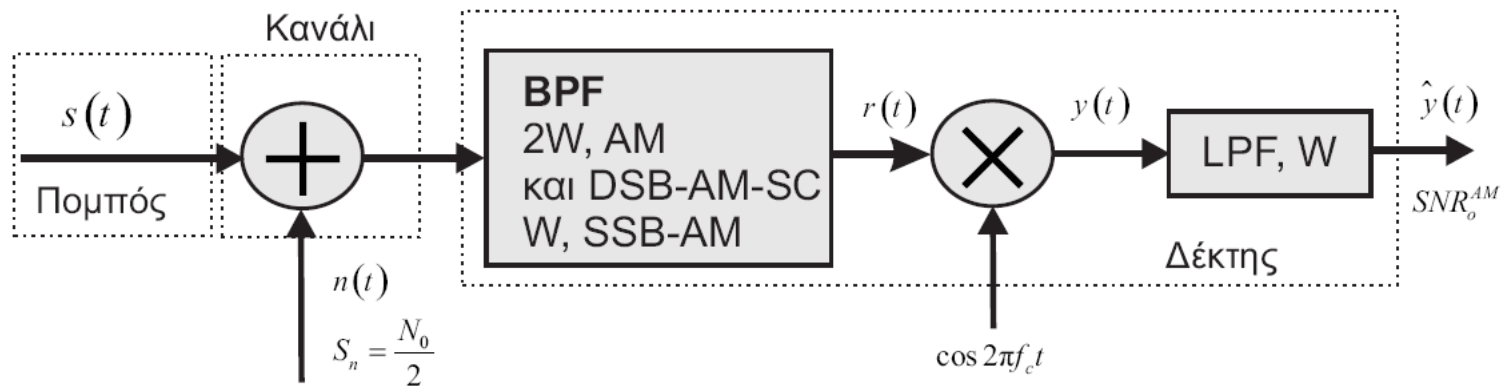
$$= \frac{1}{2} [A_c + m(t) + n_I(t)] + \frac{1}{2} [A_c + m(t) + n_I(t)] \cos 4\pi f_c t - \frac{1}{2} n_Q(t) \sin 4\pi f_c t$$

Σήμα εξόδου του φίλτρου LPF

$$\hat{y}(t) = \frac{1}{2} [m(t) + n_I(t)]$$



# Θόρυβος σε AM με Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση (4/6)



Υπολογισμός λόγου σήματος προς θόρυβο

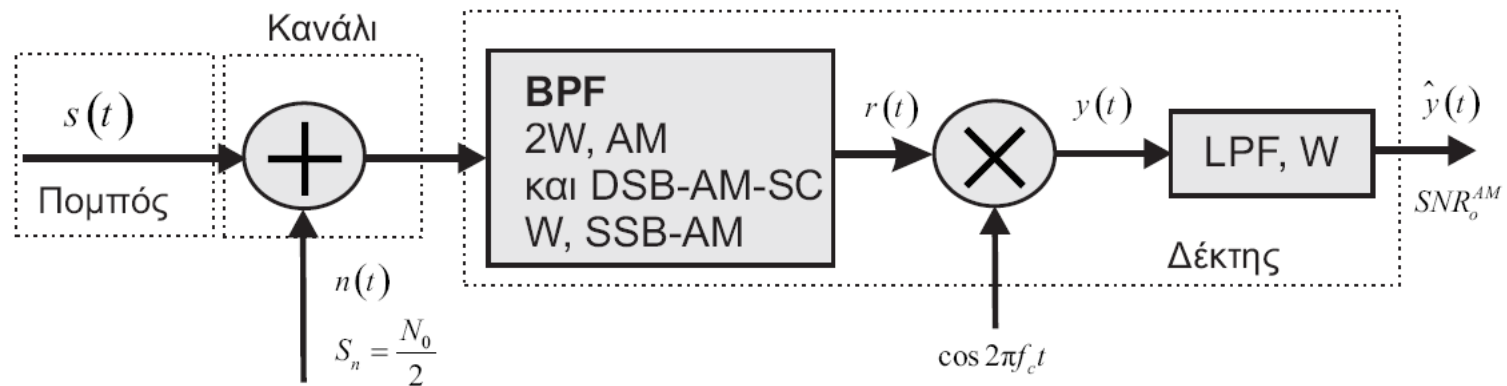
$$SNR_o^{AM} = \frac{\frac{1}{4}\mathcal{P}_m}{\frac{1}{4}\mathcal{P}_{n_I}} = \frac{\mathcal{P}_m}{\mathcal{P}_n} = \frac{\mathcal{P}_m}{2WN_0} \quad \text{Κέρδος Αποδιαμόρφωσης} = SNR_o^{AM} / SNR_i^{AM} = 2$$

$$SNR_{IN} = \frac{\frac{1}{2}A_c^2 + \frac{1}{2}\mathcal{P}_m}{2WN_0} = \left(\frac{W}{B}\right) SNR_b = \frac{1}{2}SNR_b \Rightarrow SNR_b = \frac{A_c^2 + \mathcal{P}_m}{2WN_0}$$

$$SNR_o^{AM} = \frac{\mathcal{P}_m}{\frac{A_c^2 + \mathcal{P}_m}{SNR_b}} = \frac{\mathcal{P}_m}{A_c^2 + \mathcal{P}_m} SNR_b = \eta SNR_b$$



# Θόρυβος σε AM με Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση (5/6)



Υπολογισμός λόγου σήματος προς θόρυβο

$$SNR_o^{AM} = \frac{\mathcal{P}_m}{\frac{A_c^2 + \mathcal{P}_m}{SNR_b}} = \frac{\mathcal{P}_m}{A_c^2 + \mathcal{P}_m} SNR_b = \eta SNR_b$$

$$SNR_o^{DSB} = SNR_b$$

$$SNR_o^{SSB} = SNR_b$$



# Θόρυβος σε AM με Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση (6/6)

## Συμπεράσματα

- Όταν χρησιμοποιούνται σύμφωνοι αποδιαμορφωτές τα συστήματα DSB-AM-SC και SSB-AM δε βελτιώνουν αλλά ούτε και υποβαθμίζουν την ποιότητα επικοινωνίας συγκρινόμενα με το σύστημα βασικής ζώνης (χωρίς διαμόρφωση).
- Το AM παρουσιάζει την χειρότερη επίδοση από το αντίστοιχο σύστημα βασικής ζώνης, εξαρτώμενη από το συντελεστή απόδοσης ισχύος. Η χαρακτηριστική αυτή ιδιότητα οφείλεται στο γεγονός ότι ένα μέρος της εκπεμπόμενης ισχύος χρησιμοποιείται για τη μετάδοση της συνιστώσας του φέροντος.
- Οι λοιπές τεχνικές διαμόρφωσης πλάτους SSB-AM+C και VSB-AM+C παρουσιάζουν χειρότερες επιδόσεις από τις αντίστοιχες SSB-AM και VSB-AM.

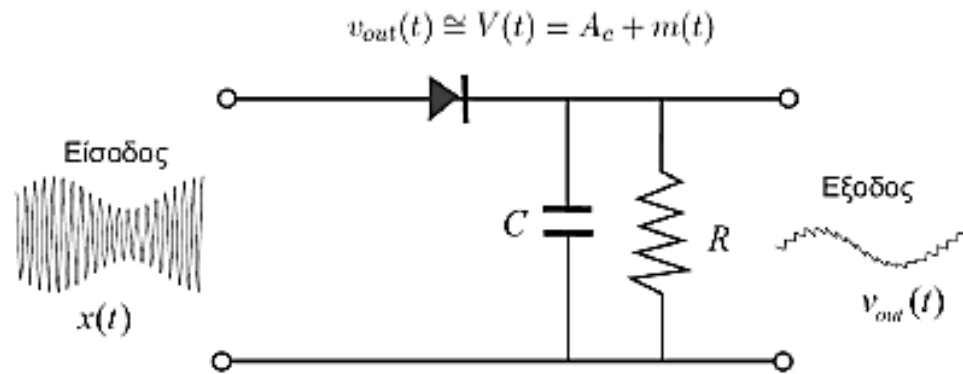


# Περιεχόμενα ενότητας

- ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
- ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΣΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ
- ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΑΜ ΜΕ ΣΥΜΦΩΝΗ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ
- ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΑΜ ΜΕ ΑΣΥΜΦΩΝΗ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ



# Θόρυβος σε AM με Ασύμφωνη Αποδιαμόρφωση (1/3)

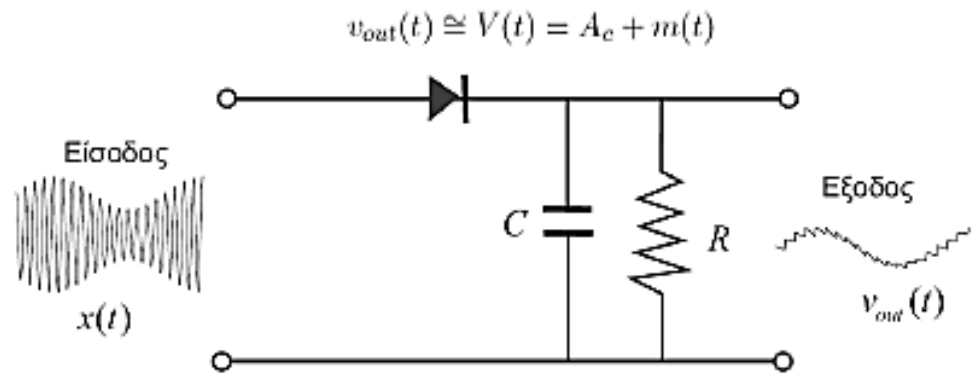


$$\begin{aligned} r(t) &= [A_c + m(t)] \cos 2\pi f_c t + n(t) \\ &= [A_c + m(t) + n_I(t)] \cos 2\pi f_c t - n_Q(t) \sin 2\pi f_c t \end{aligned}$$

Σήμα εξόδου του φίλτρου BPF στο δέκτη



# Θόρυβος σε AM με Ασύμφωνη Αποδιαμόρφωση (2/3)



$$V(t) = \sqrt{[A_c + m(t) + n_I(t)]^2 + n_Q^2(t)}$$

Σήμα εξόδου του δέκτη

$$A_c + m(t) \gg n(t) \text{ και } A_c + m(t) \gg n_I(t)$$

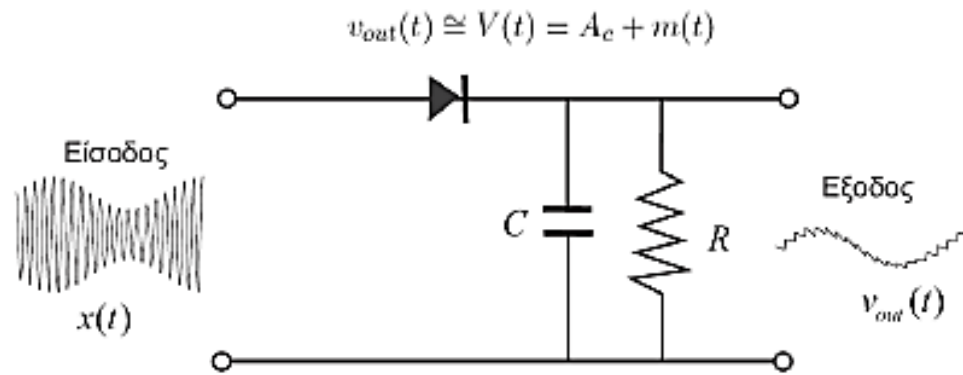
Συνθήκη

$$V(t) \simeq A_c + m(t) + n_I(t)$$

Τελικό σήμα εξόδου



# Θόρυβος σε AM με Ασύμφωνη Αποδιαμόρφωση (3/3)



Λόγος σήματος προς θόρυβο

$$SNR_o^{AM} \simeq \frac{\mathcal{P}_m}{\mathcal{P}_n} = \frac{\mathcal{P}_m}{2WN_0}$$

Για την περιοχή μετάβασης από χαμηλά σε υψηλά SNR

$$SNR_o^{AM} \simeq 0.916A_c^2 \mathcal{P}_m SNR_b$$



# Συχνοτικό περιεχόμενο περιοδικής συνάρτησης στο πεδίο του χρόνου - I

- Σύμφωνα με την θεωρία που ανέπτυξε ο Γάλλος μαθηματικός Fourier, το συχνοτικό περιεχόμενο μιας περιοδικής συνάρτησης (σήματος) στο πεδίο του χρόνου, δηλαδή μιας συνάρτησης για την οποία ισχύει  $x(t)=x(t+T)$  (όπου  $T$  η περίοδος επανάληψης), μπορεί εκτιμηθεί μέσω του παρακάτω αναπτύγματος:

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cdot \cos(2\pi n f_0 t) + b_n \cdot \sin(2\pi n f_0 t)]$$

όπου  $f_0 = \frac{1}{T}$  και οι όροι  $a_0$ ,  $a_n$  και  $b_n$  δίδονται από τις σχέσεις:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{\delta}^{\delta+T} x(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{\delta}^{\delta+T} x(t) \cdot \cos(2\pi n f_0 t) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{\delta}^{\delta+T} x(t) \cdot \sin(2\pi n f_0 t) dt$$

# Συχνοτικό περιεχόμενο περιοδικής συνάρτησης στο πεδίο του χρόνου - II

- ▶ Η συνάρτηση  $x(t)$  μπορεί επίσης να εκφραστεί και ως μιγαδικό εκθετικό ανάπτυγμα με την ακόλουθη μορφή:

$$x(t) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n \cdot e^{j2\pi n f_0 t}$$

- ▶ Το μιγαδικό πλάτος  $c_n$  που δίδεται από τη σχέση:

$$c_n = \frac{1}{T} \int_{\delta}^{\delta+T} x(t) \cdot e^{j2\pi n f_0 t} dt$$

- ▶ σχετίζεται με τους συντελεστές  $a_n$  και  $b_n$  δια μέσου της σχέσης:

$$c_n = a_n + j b_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} e^{j\theta_n}$$

- ▶ Ενώ η γωνία  $\theta_n$  σχετίζεται με τους συντελεστές  $a_n$  και  $b_n$  δια μέσου της σχέσης:

$$\theta_n = \tan^{-1} \left( \frac{b_n}{a_n} \right)$$



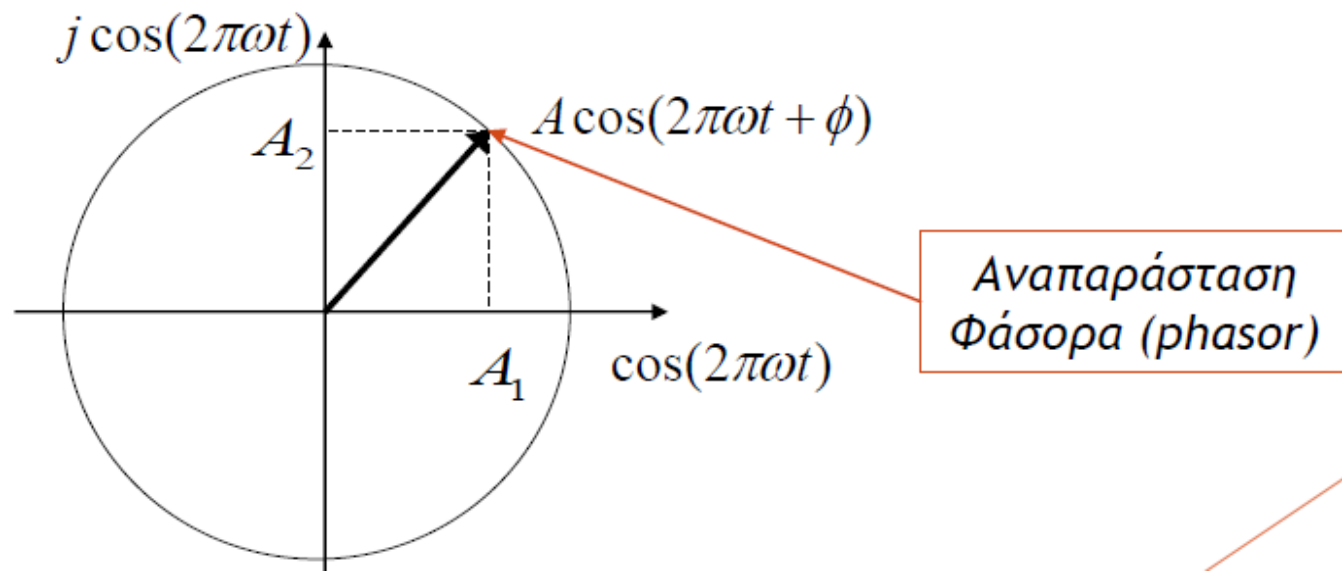
# Αναπαράσταση περιοδικού σήματος στο μιγαδικό επίπεδο (Complex representation)

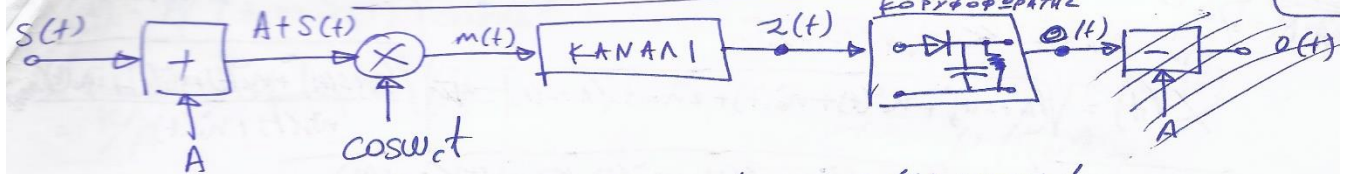
- ▶ Με χρήση απλής τριγωνομετρίας, μπορούμε να γράψουμε:

$$A \cos(2\pi\omega t + \phi) = A_1 \cos(2\pi\omega t) + A_2 \sin(2\pi\omega t)$$

$$A_1 = A \cos(\phi), \quad A_2 = -A \sin(\phi), \quad A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2} \quad \text{και} \quad \phi = \tan^{-1}(A_2 / A_1)$$

- ▶ ...και έτσι να αναπαραστήσουμε ένα μιγαδικό σε καρτεσιανές συντεταγμένες (Cartesian coordinates) με χρήση 2 συντελεστών  $A_1$  και  $A_2$





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

παρουσιάζει την ισχύ του  
δύο άξια συμποσθητά είναι  
δύο διόρυβοι

$$o(t) = A + S(t) \text{ χωρίς διόρυβο}$$

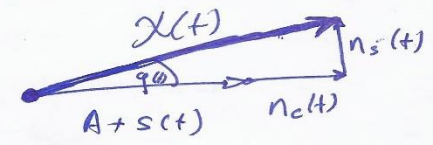
$$z(t) = m(t) + N(t) = m(t) + n_c(t) \cos \omega_c t - n_s(t) \sin \omega_c t$$

$\downarrow$  P       $\downarrow$   $\frac{1}{2} S$       (ΛΣΘ)<sub>i</sub> =  $\frac{\frac{1}{2} S}{P} = \frac{S}{2P}$

$$z(t) = A \cos \omega_c t + S(t) \cos \omega_c t + n_c(t) \cos \omega_c t - n_s(t) \sin \omega_c t$$

$$= \chi(t) \cos(\omega_c t + \varphi(t))$$

$$\chi(t) = \sqrt{(A + S(t) + n_c(t))^2 + n_s^2(t)}$$



$$\varphi(t) = \tan^{-1} \frac{n_s(t)}{A + S(t) + n_c(t)}$$

$n_s^2(t) \ll (A + n_c(t) + S(t))^2$       οπότε  $o(t) = A + S(t) + n_c(t)$

$$(ΛΣΘ)_o = \frac{S}{P}$$

$$(KA) = \frac{S/P}{S/2P} = 2$$

οπότεως DSWC είναι περίπου το DSS  
 λόγω της προσέγγισης  $n_s^2(t) \ll (A + n_c(t) + S(t))^2$   
 και λόγω του ότι δείχνει (ΛΣΘ)<sub>i</sub>  $\frac{S}{2P}$

# ΣΤΗΝ ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ

# AM-DSB-WC με Κορυφοφωρατή και δείκτη διαμόρφωσης m

AM-DSB-WC

$$M(t) = A(1 + mS(t)) \cos \omega_c t + N(t) = A \cos \omega_c t + A m S(t) \cos \omega_c t + N(t)$$

$m \equiv$  δείκτης διαμόρφωσης  
 $= K/A$

$$O(t) = A + A m S(t) + N_c(t)$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_i = \frac{A^2}{2} + \frac{A^2 m^2 S}{2} = \frac{A^2 (1+m^2 S)}{2}$$

$$(N)_i = P_{no} \frac{N_0 \cdot 2 \cdot \int_m}{2} \quad \left(\frac{S}{N}\right)_i = \frac{A^2 (1+m^2 S)}{2P}$$

$$(S)_o = A^2 m^2 S$$

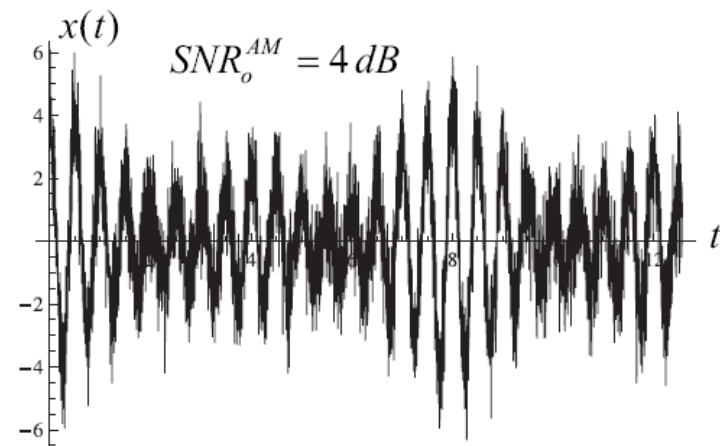
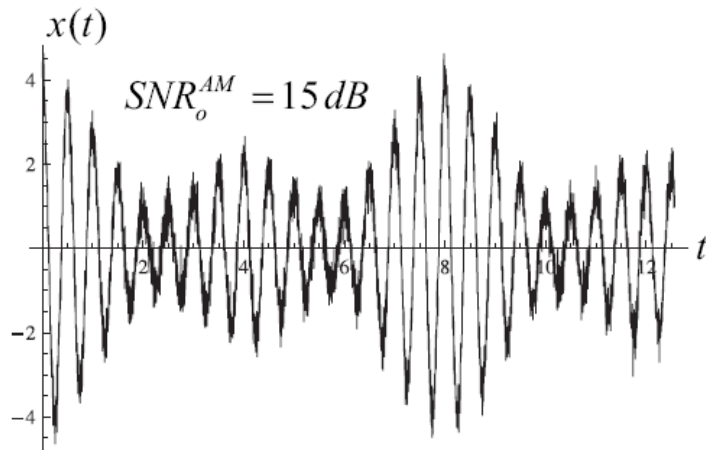
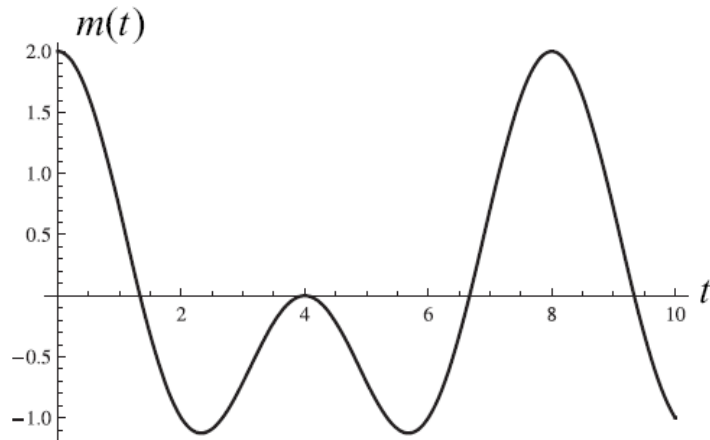
$$(N)_o = P_{no} N_0 \cdot 2 \cdot \int_m \quad \left(\frac{S}{N}\right)_o = \frac{A^2 m^2 S}{P}$$

$$(KA) = \frac{(S/N)_o}{(S/N)_i} = \frac{2A^2 m^2 S}{A^2 (1+m^2 S)} = \frac{2m^2 S}{1+m^2 S}$$

$v_{av} S(t) = \cos \omega_m t \Rightarrow S = \frac{1}{2}$

$$(KA) = \frac{2m^2 \cdot \frac{1}{2}}{1 + m^2 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{2m^2}{2 + m^2} \stackrel{m=1}{=} \frac{1}{3}$$

# Θόρυβος σε AM



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 4: Απόδοση συστημάτων ΑΜ υπό θόρυβο**». 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 10-14 και 17-20 προέρχονται από το σύγγραμμα του μαθήματος “Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα”, Εκδόσεις Τζιόλα, μετά από άδεια του συγγραφέα Καθ. Γ. Καραγιαννίδη.

