



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 ΑΜ με σύμφωνη αποδιαμόρφωση και εξαγωγή συμπερασμάτων
- Περιγραφή της επίδρασης του θορύβου σε ΑΜ 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



- (α) Ύδρωινοι θόρυβοι
ακουστικά, ψυχρά, άγνωστοι φθορισμοί. $\Rightarrow$ άσχετα
- (β) Φυσικοί θόρυβοι
αεριοί, παταχίδες, σεισμοί. $\Rightarrow$ αναώγουται
- (γ) Θόρυβοι Σεισμεικών
Θερμικός θόρυβος μιας ήμικύβλης αντιστάσεως
"ελαστική" παραγωγή και συνδυασμός των ήλεκτρονίων κ' ^(holes) τρυπών $\Rightarrow$ αναώγουται
σε ημιαγωγούς

Ανάγκη άσφατης αυθόρμητα κ'
Θεωρία στοχαστικών επιφανειών
Τρόπος ανάγκης
Χωοδίες

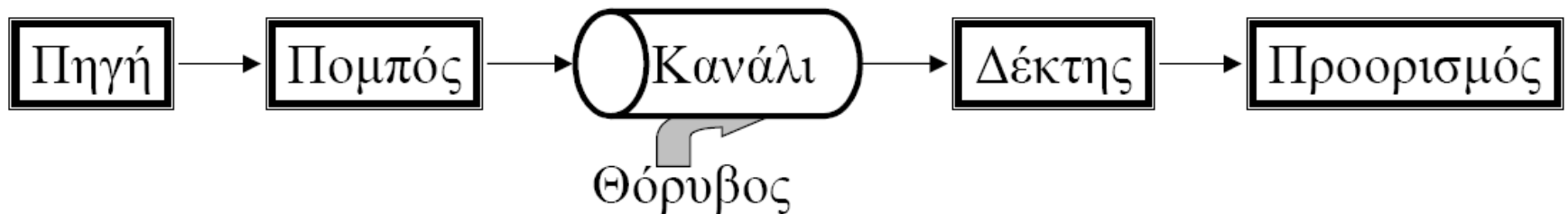
- (1) ύπαρξη ενός μόνου θόρυβου $N(t)$: αραόθετικός
Ύδροσχημα θόρυβων
- (2) μονόμο : μ.ο. μηδέν
και $R_N(\tau)$ στατιστική συνάρτηση αλληλοσχετίσεως
ή $S_N(\omega)$
 $R_N(0) = \sigma_N^2 \equiv \text{variance}$ (αγός μ.ο. = 0)
- (3) Το αμφοροποιότητα
θήματα $S(t)$ όταν είναι σχετικώς είναι άσχετα
μή αν θόρυβος δαγ. $R_N(\tau) = 0$ και $S_N(\omega) = 0$
- (4) Εξό δαγαν S/N
 $z(t) = s(t) + N(t) \xrightarrow{\text{ΛΕΘ}} \text{ΛΕΘ} = \frac{\text{Ισχύς του Σήματος}}{\text{Ισχύς του Θόρυβου}}$
- Γιατί ο θόρυβος είναι Σ.Σ. ισχύς f_{ny} έχει άσχετη ενέργεια
και η ισχύς του ισοδύναμο με την διασπορά του f_{ny} . $R_N(0)$.

$S(t) \rightarrow \Sigma. \Sigma$
 $\rightarrow$ Περιοδική Σ.
 $\rightarrow$ μη Σ.Σ. ισχύς $\rightarrow$ $I_{\text{ισχύς}} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} S^2(t) dt$

$K \cdot A = \frac{\text{ΛΕΘ σὺν ἔξοδ. τὸς δαγαν}}{\text{ΛΕΘ σὺν εἰσοδ. τὸς δαγαν}}$

- (4) Ιδανικώς Ἀσυνδιαφοροποιήτως
(ὡς διακρίνεται σὺν σύγκριση τῶν συστημάτων)

Τηλεπικοινωνιακό σύστημα: Αρχιτεκτονική

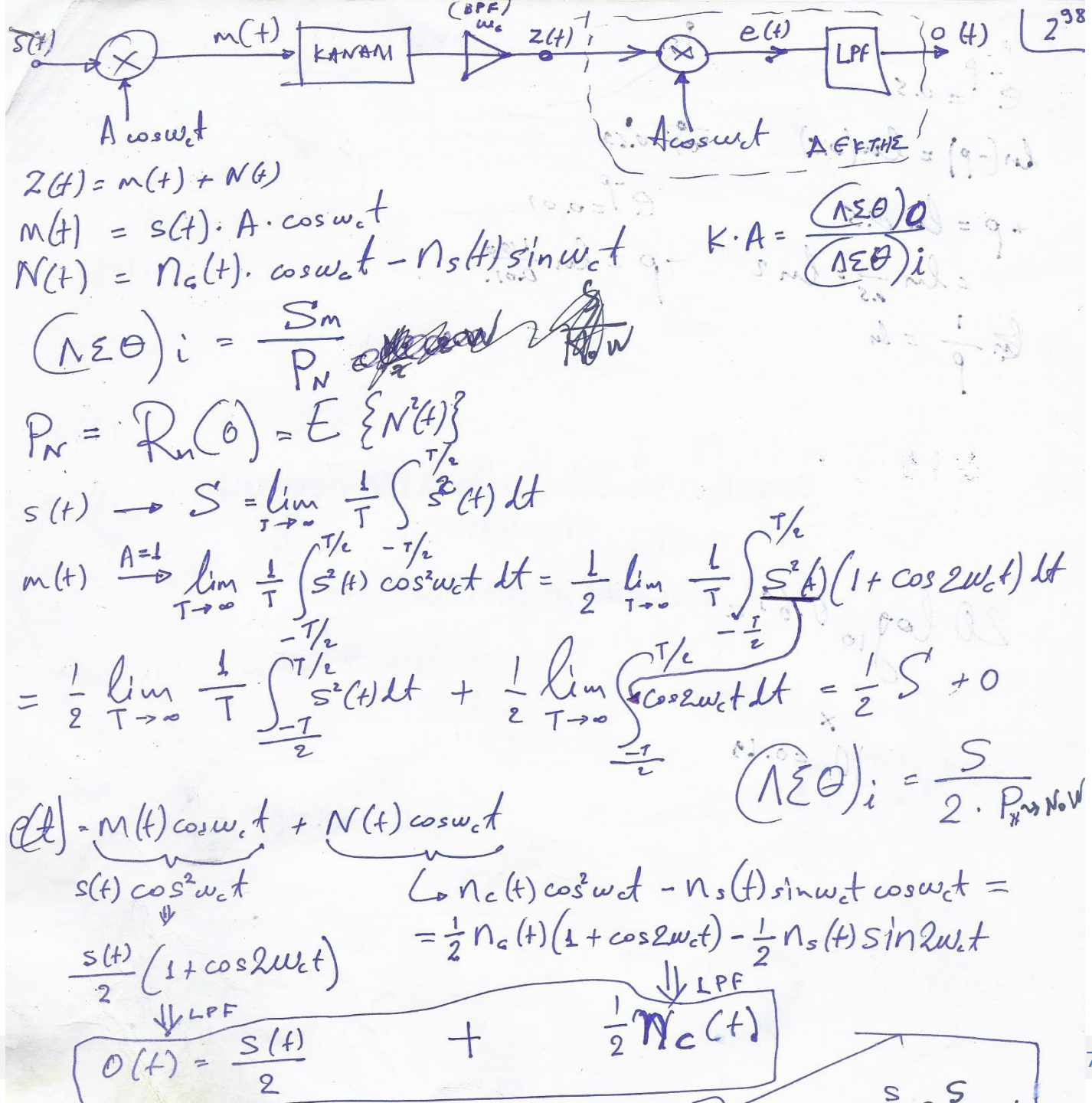


**Σηματοθορυβική Σχέση ή Λόγος Σήματος
προς Θόρυβο (Signal-to-noise Ratio), S/N**



Ανάλυση ΤΟΥ AM-DSB- SC ΥΠΟ Θόρυβο (1)

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



Ανάλυση του AM-DSB- SC υπό θόρυβο (2)

$$\text{KA} = \frac{\text{SNR}_o}{\text{SNR}_i} = 2$$

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: $\boxed{\frac{1}{4}S + \frac{1}{4}P_N}$ $\Lambda\text{ΣΘ}_o = \frac{\frac{S}{4}}{\frac{P_N}{4}} = \frac{S}{P_N}$

$$\text{Άρα: K.A.} = \frac{\Lambda\text{ΣΘ}_o}{\Lambda\text{ΣΘ}_i} = \frac{S/P_N}{S/(2P_N)} = \underline{\underline{2}}$$

Σημειωτέον ο θόρυβος έχει ισχύ ίση P_N και αυτή μοιράζεται εξ ίσου στις 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 $n_s(t)$.

Ισχύς σήματος βασικής ζώνης πολλαπλασιασμένου με συνημίτονο

- Δείξαμε ότι το σήμα στο κανάλι, $m(t)=s(t)\cos\omega t$, έχει ισχύ $S/2$ (την μισή ισχύ του $s(t)$). Αυτό ισχύει για σήματα $s(t)$ βασικής ζώνης όταν απέχουν στην συχνότητα πολύ από την συχνότητα του φορέα.
- Πιο πειστική απόδειξη ότι το σήμα στο κανάλι, $m(t)=s(t)\cos\omega t$, έχει ισχύ $S/2$ προκύπτει μέσω του πεδίου της συχνότητας και της σχέσης του Euler:
 $\cos\omega t = \frac{1}{2} (e^{j\omega t} + e^{-j\omega t})$ όπου $\omega = 2\pi f_c$
- $m(t) = \frac{1}{2} s(t)e^{j\omega t} + \frac{1}{2} s(t)e^{-j\omega t} \Rightarrow$
- $M(f) = \frac{1}{4} S(f-f_c) + \frac{1}{4} S(f+f_c) \Rightarrow$
- $P_m = \int_{-\infty}^{\infty} M(f)df = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} S(f-f_c)df}{4} + \frac{\int_{-\infty}^{\infty} S(f+f_c)df}{4} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} S(f)df}{2} = S/2$

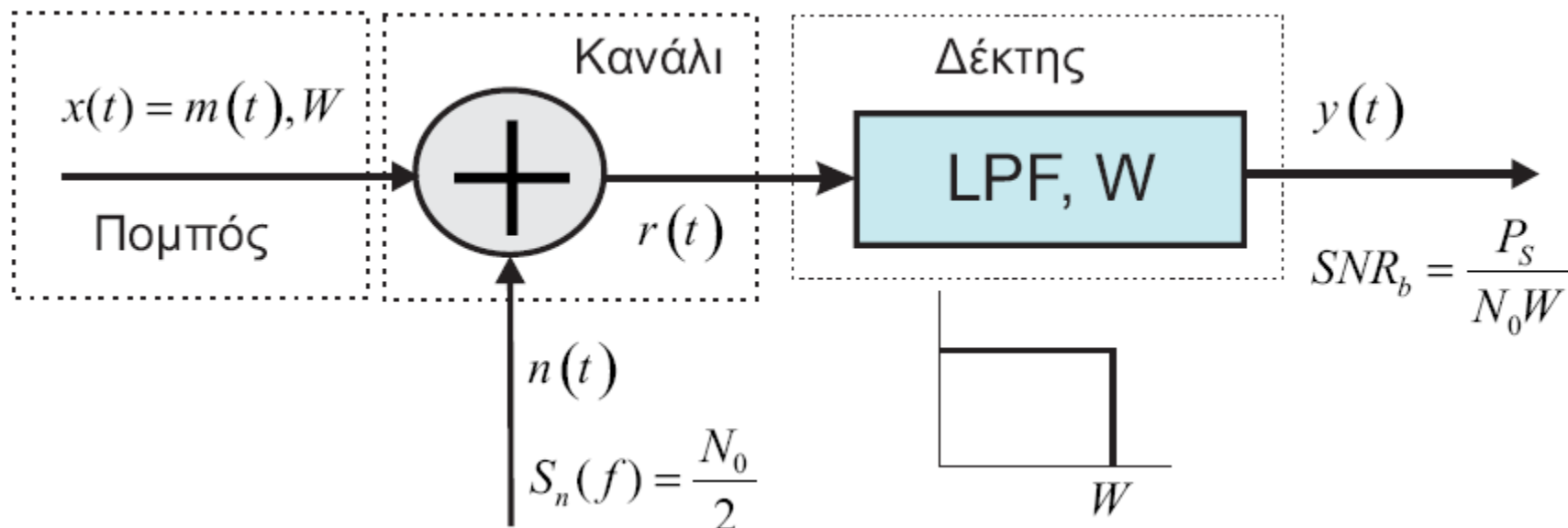


Περιεχόμενα ενότητας

- ☐ 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)

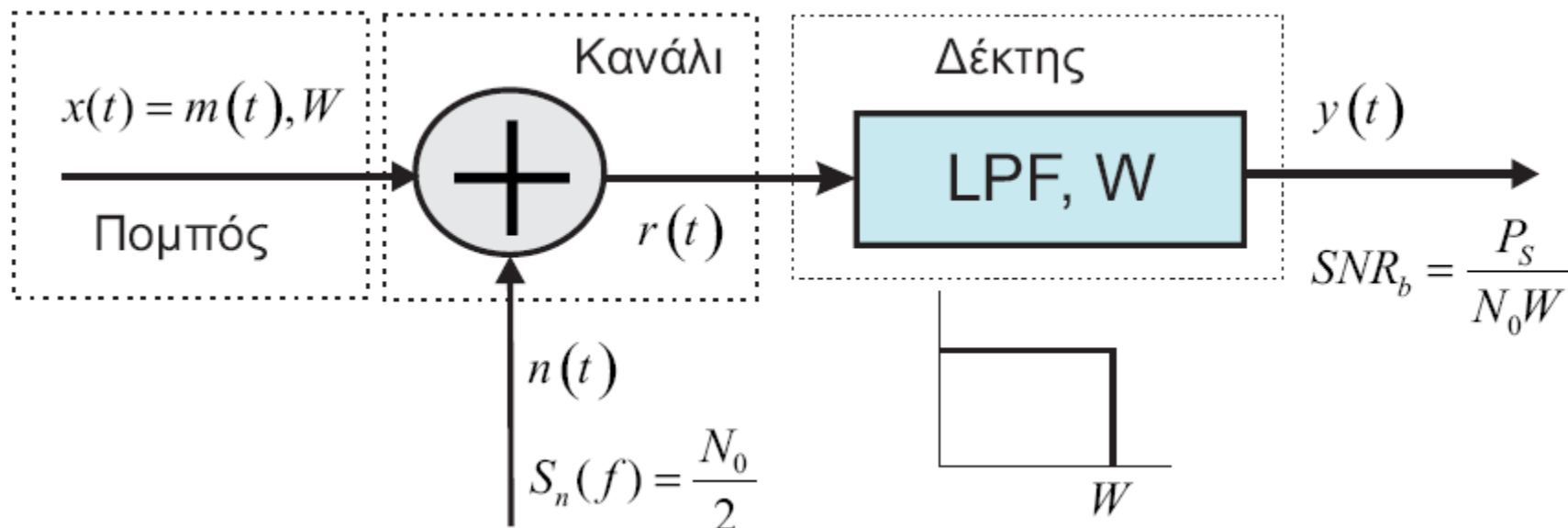


$$r(t) = s(t) + n(t)$$

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

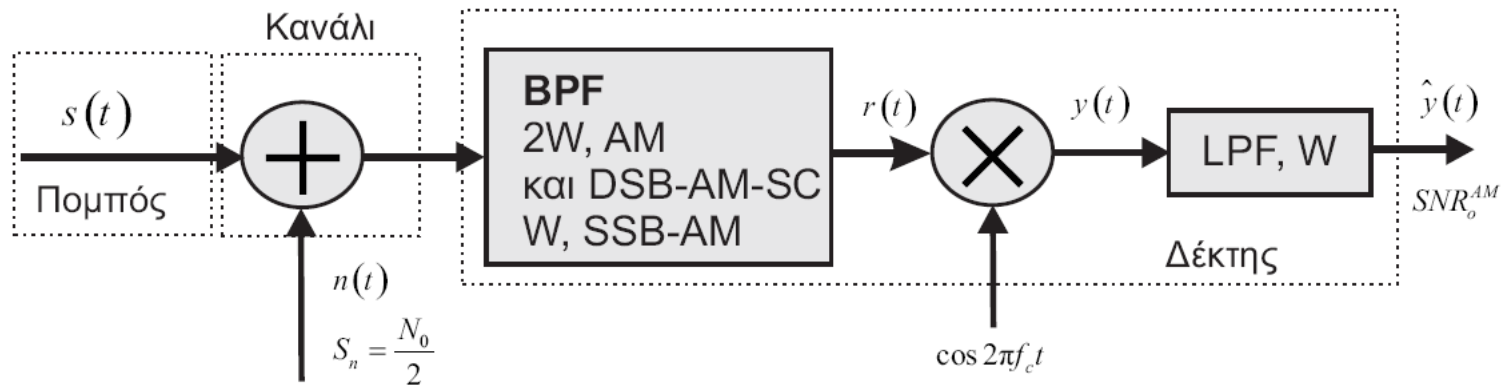


Περιεχόμενα ενότητας

- ☐ 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)

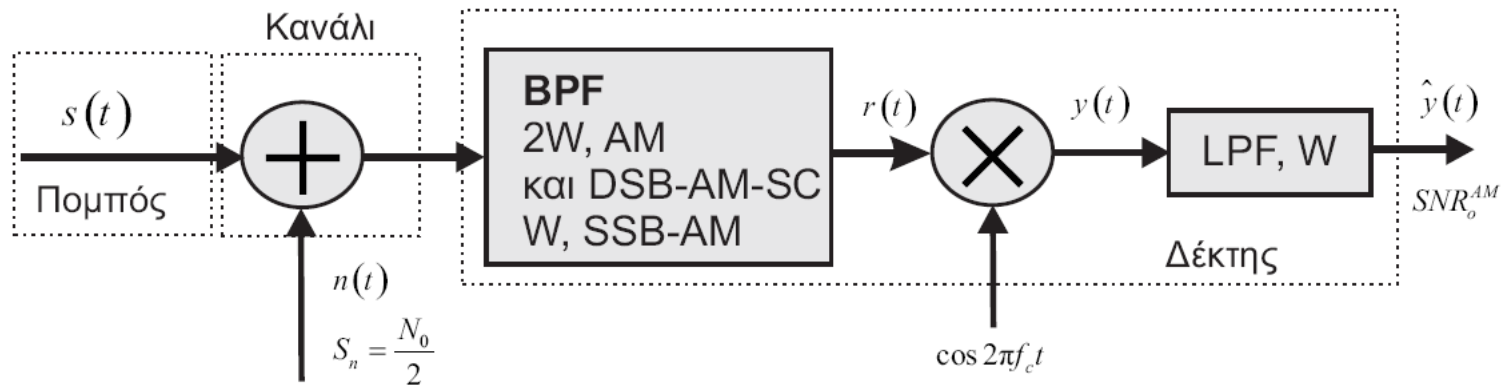


$$n(t) = \text{Re} \left\{ [n_I(t) + jn_Q(t)] e^{j2\pi f_c t} \right\}$$

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

Μαθηματική έκφραση θορύβου

Θόρυβος σε AM με Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση (2/6)



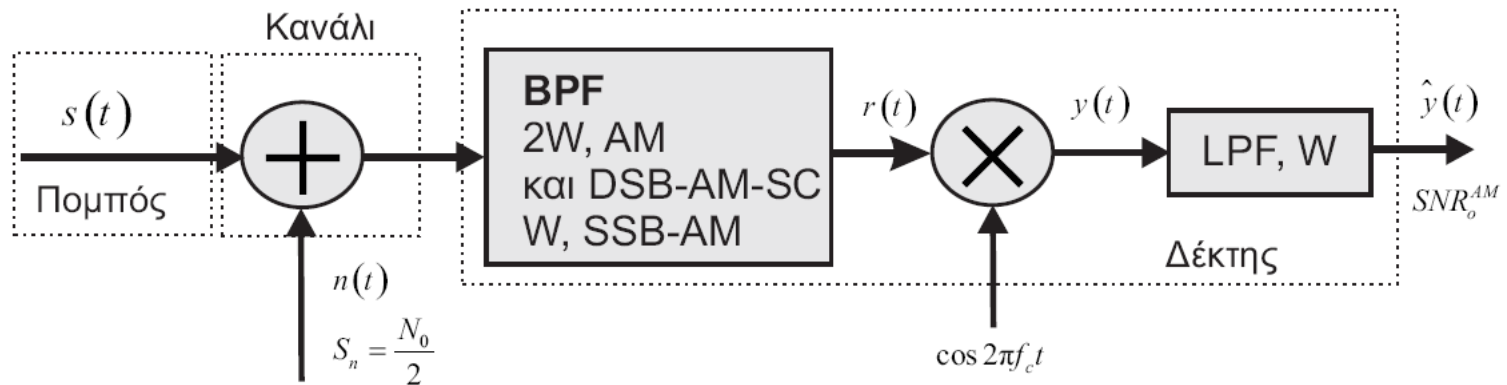
$$\begin{aligned} r(t) &= [A_c + m(t)] \cos 2\pi f_c t + n(t) \\ &= [A_c + m(t) + n_I(t)] \cos 2\pi f_c t - n_Q(t) \sin 2\pi f_c t \end{aligned}$$

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)



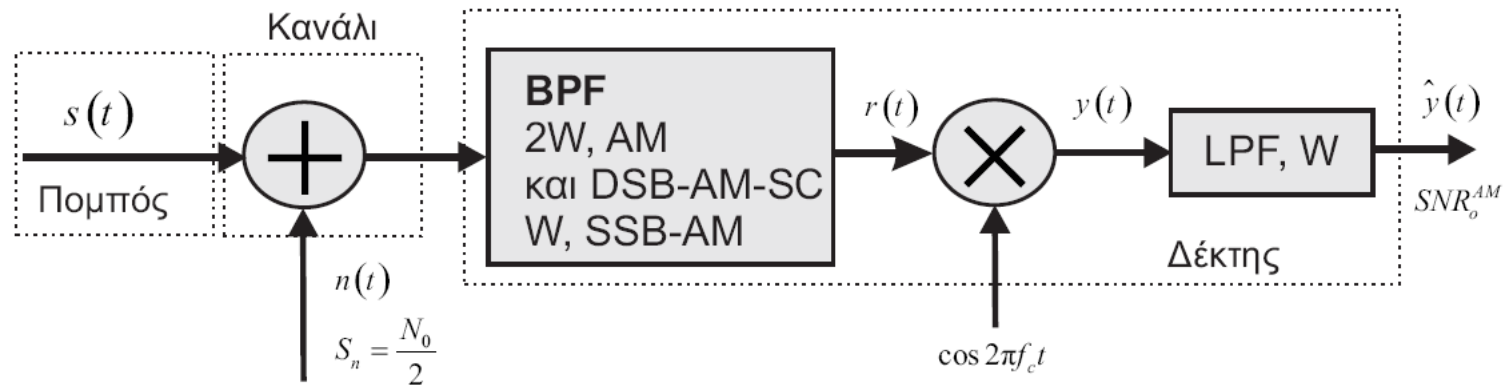
Σήμα εισόδου του φίλτρου LPF

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

Σήμα εξόδου του φίλτρου LPF

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

Θόρυβος σε AM με Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση (4/6)



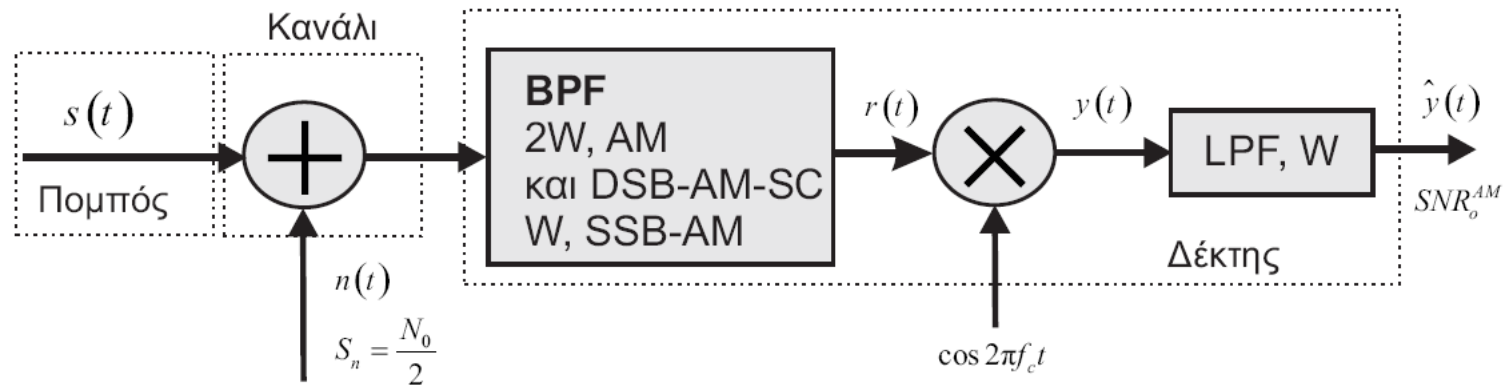
Υπολογισμός λόγου σήματος προς θόρυβο

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

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

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

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.

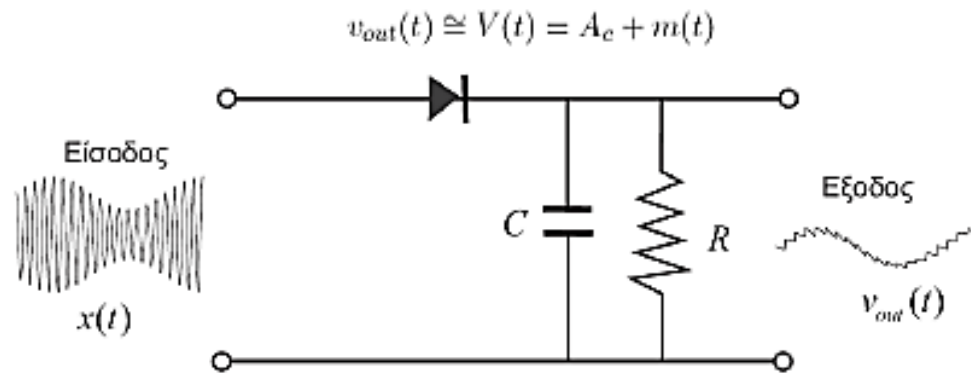


Περιεχόμενα ενότητας

- ☐ 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)

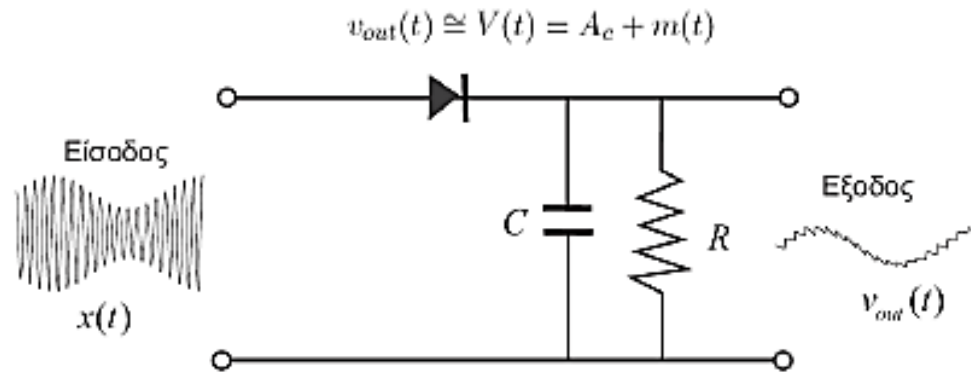


$$\begin{aligned} r(t) &= [A_c + m(t)] \cos 2\pi f_c t + n(t) \\ &= [A_c + m(t) + n_I(t)] \cos 2\pi f_c t - n_Q(t) \sin 2\pi f_c t \end{aligned}$$

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

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

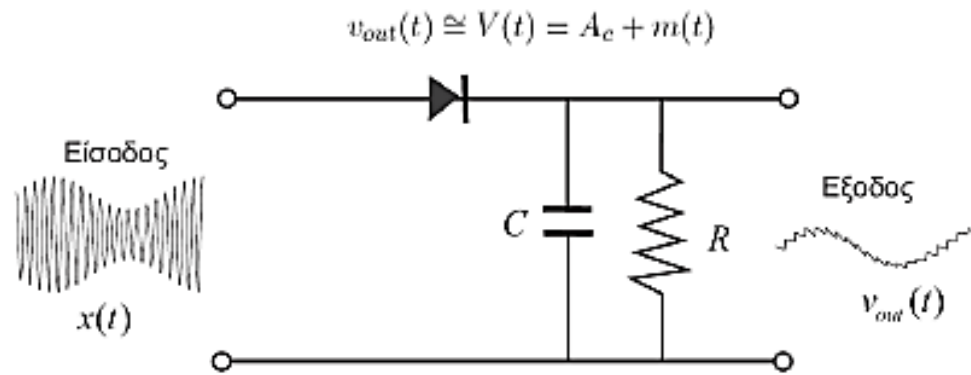
Συνθήκη

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

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

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



Συχνотικό περιεχόμενο περιοδικής συνάρτησης στο πεδίο του χρόνου - Ι

- Σύμφωνα με την θεωρία που ανέπτυξε ο Γάλλος μαθηματικός Fourier, το συχνотικό 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:

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=0}^{\infty} [a_n \cdot \cos(2\pi n f_0 t) + b_n \cdot \sin(2\pi n f_0 t)]$$

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

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

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

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

Συχνотικό 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:

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

- ▶ 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:

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

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

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

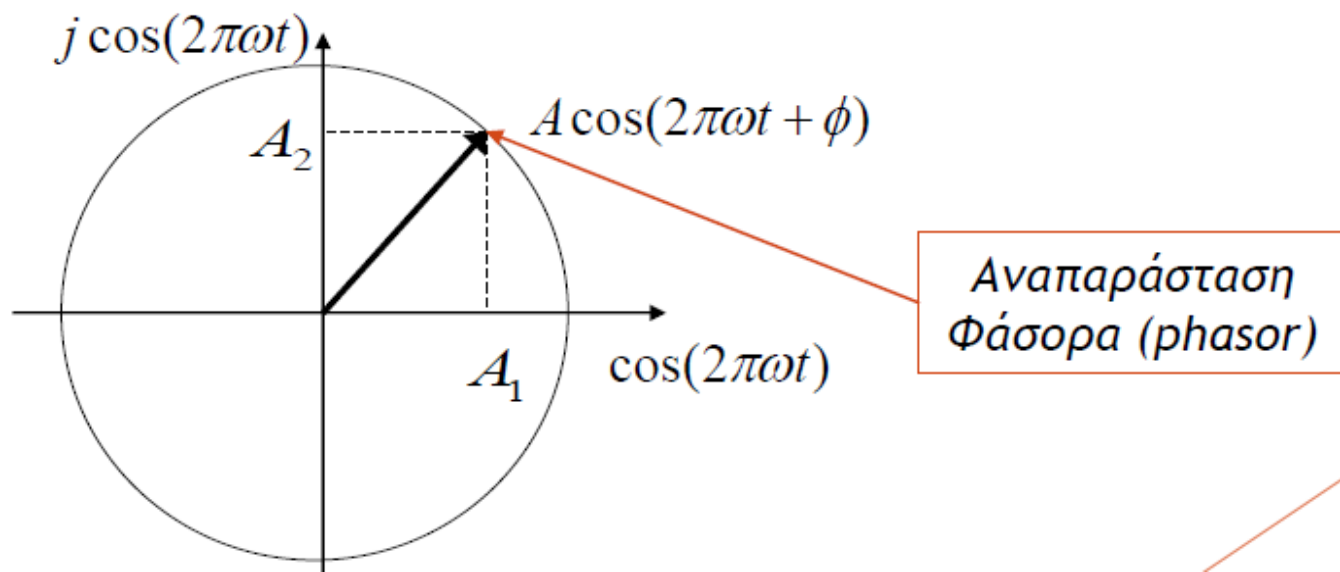
Αναπαράσταση περιοδικού σήματος στο μιγαδικό επίπεδο (Complex representation)

- ▶ Με χρήση απλής τριγωνομετρίας, μπορούμε να γράψουμε:

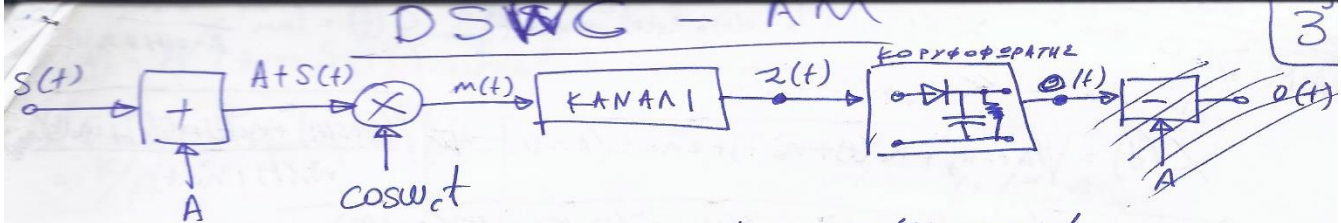
$$A \cos(2\pi\omega t + \phi) = A_1 \cos(2\pi\omega t) + A_2 \sin(2\pi\omega t)$$

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

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



ΣΤΗΝ ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ



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

αγνοούμε την ισχύ του
δίου ούτε συμπεριφορά είναι
πύξας

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

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

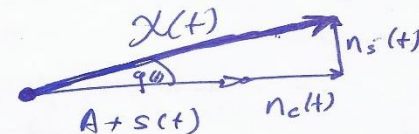
$\downarrow$ $\downarrow$ ισχύς
 P $\frac{1}{2} S$

$$(\Lambda \Sigma \Theta)_i = \frac{\frac{1}{2} S}{P} = \frac{S}{2P}$$

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

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

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



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

$$n_s^2(t) \ll (A + n_c(t) + S(t))^2 \text{ τότε } o(t) = A + S(t) + n_c(t)$$

$$(\Lambda \Sigma \Theta)_o = \frac{S}{P}$$

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

αδραως DSWC είναι χειρότερο από DSS

Δόγμα της προσέγγισης $n_s^2(t) \ll (A + n_c(t) + S(t))^2$
και δόγμα του ότι θέλουμε $(\Lambda \Sigma \Theta)_i = \frac{S}{2P}$

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 = δείκτης διαμόρφωσης
= K/A

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

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

$$(N)_i = P_{N \text{ total}} \cdot \frac{1}{2} \quad (S/N)_i = \frac{A^2 (1+m^2 S')}{2P}$$

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

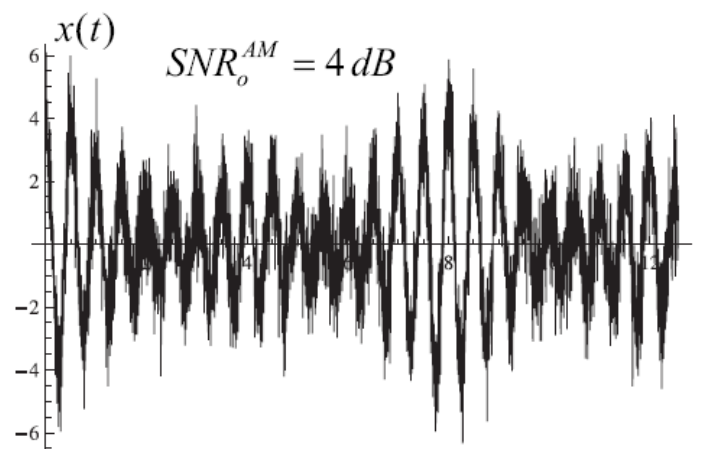
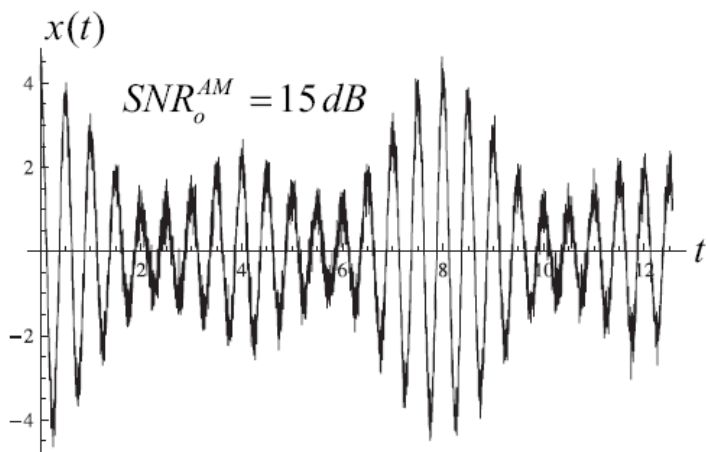
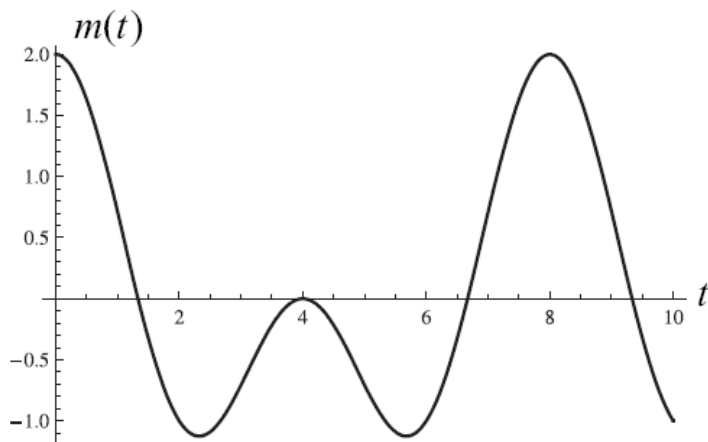
$$(N)_o = P_{N \text{ total}} \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} \quad (S/N)_o = \frac{A^2 m^2 S'}{P}$$

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

γ_{av} S(t) = cos ω_m t ⇒ S' = 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.

