



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

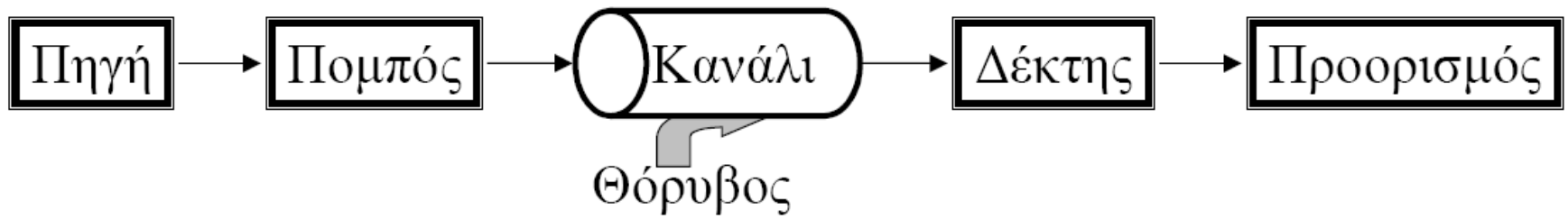
ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΑΣΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ

ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΑΜ ΜΕ ΣΥΜΦΩΝΗ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΑΜ ΜΕ ΑΣΥΜΦΩΝΗ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ



Τηλεπικοινωνιακό σύστημα: Αρχιτεκτονική



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

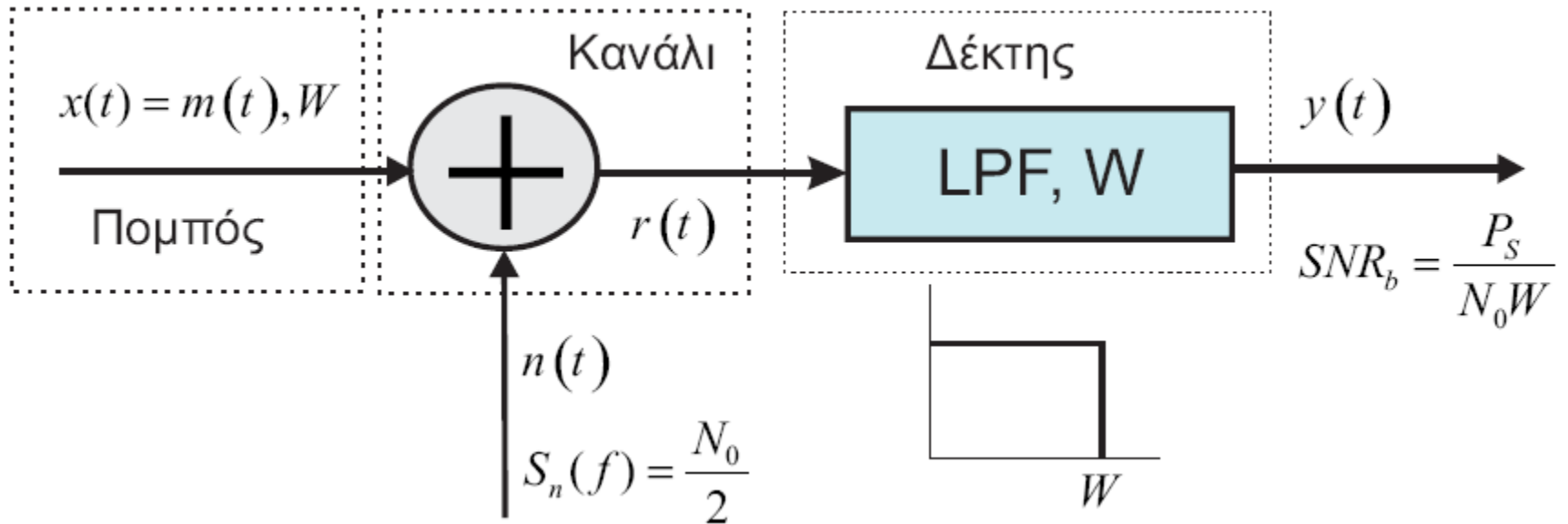


Περιεχόμενα ενότητας

- 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)

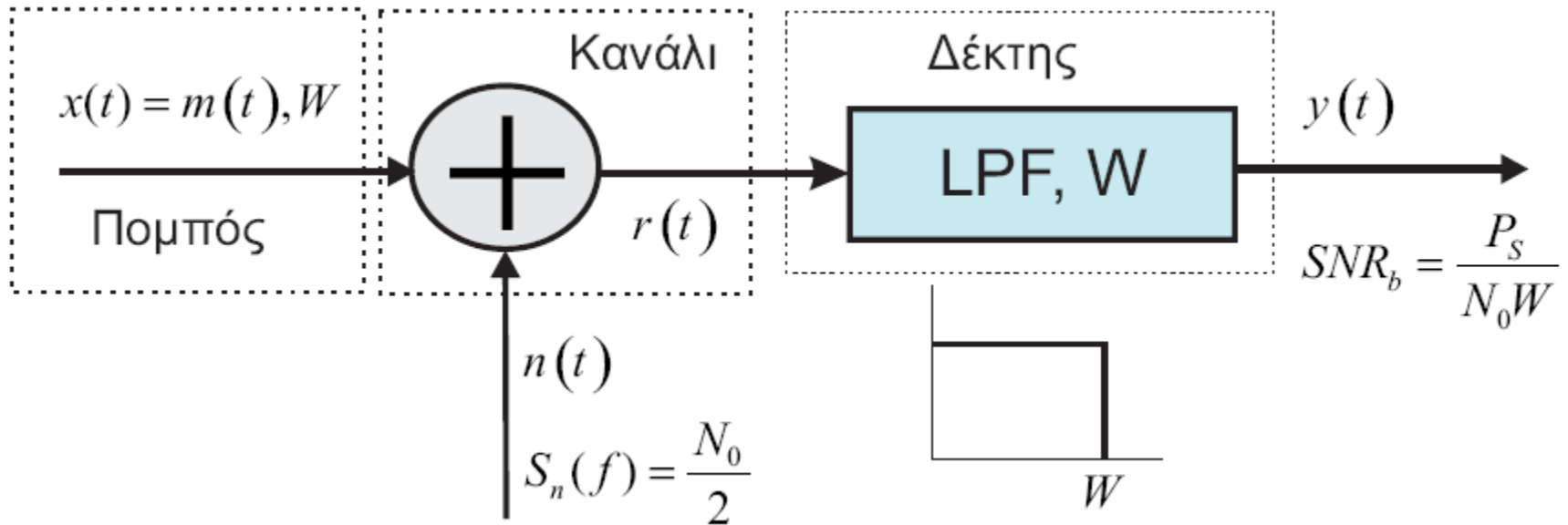


$$r(t) = s(t) + n(t)$$

Σήμα εισόδου δέκτη



Θόρυβος σε σύστημα βασικής ζώνης (2/2)



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

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

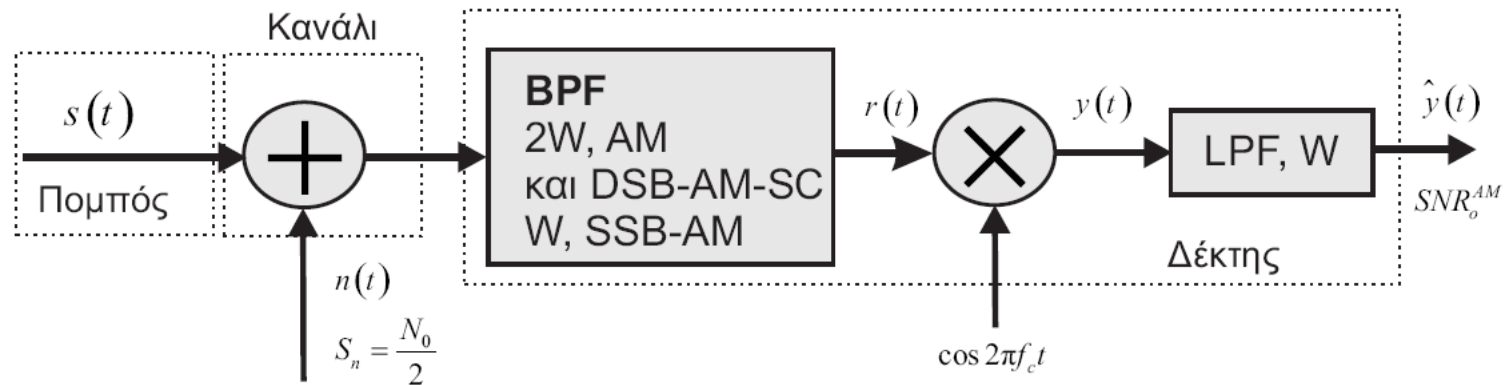
Λόγος σήματος προς θόρυβο

Περιεχόμενα ενότητας

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



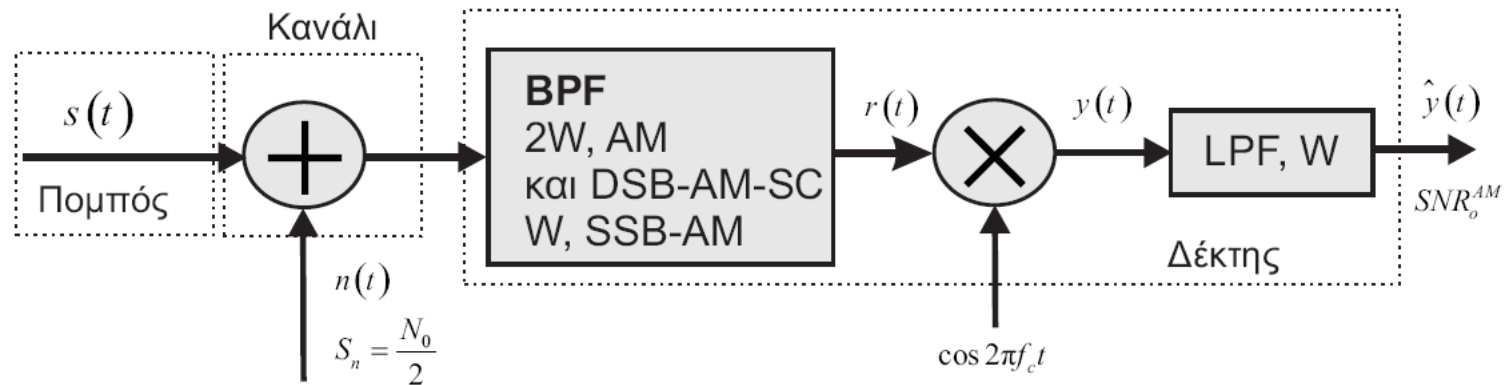
Θόρυβος σε AM με Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση (1/6)



$$\begin{aligned}
 n(t) &= \text{Re} \left\{ [n_I(t) + jn_Q(t)] e^{j2\pi f_c t} \right\} \\
 &= n_I(t) \cos 2\pi f_c t - n_Q(t) \sin 2\pi f_c t
 \end{aligned}$$

Μαθηματική έκφραση θορύβου

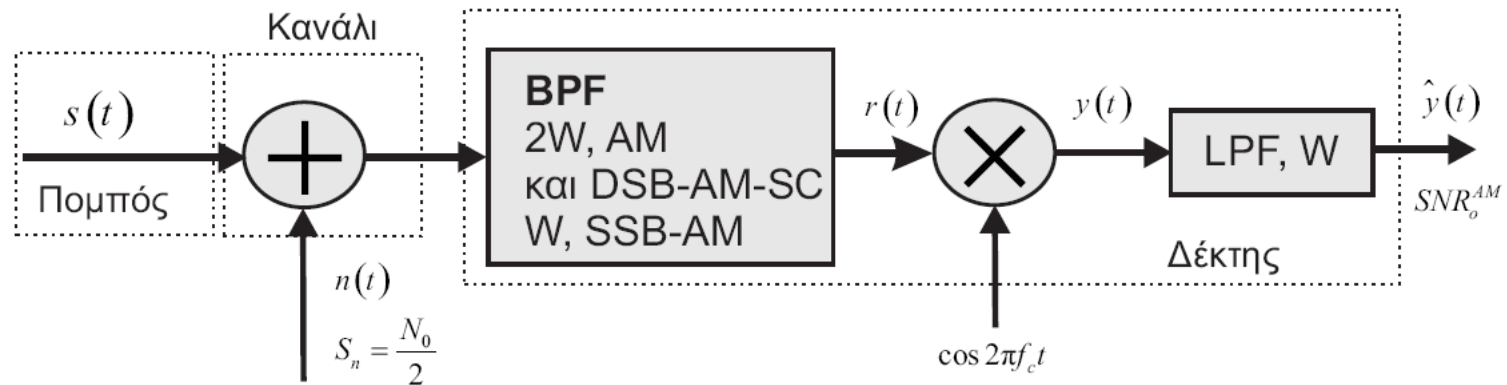
Θόρυβος σε AM με Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση (2/6)



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

Σήμα εξόδου του φίλτρου BPF

Θόρυβος σε AM με Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση (3/6)



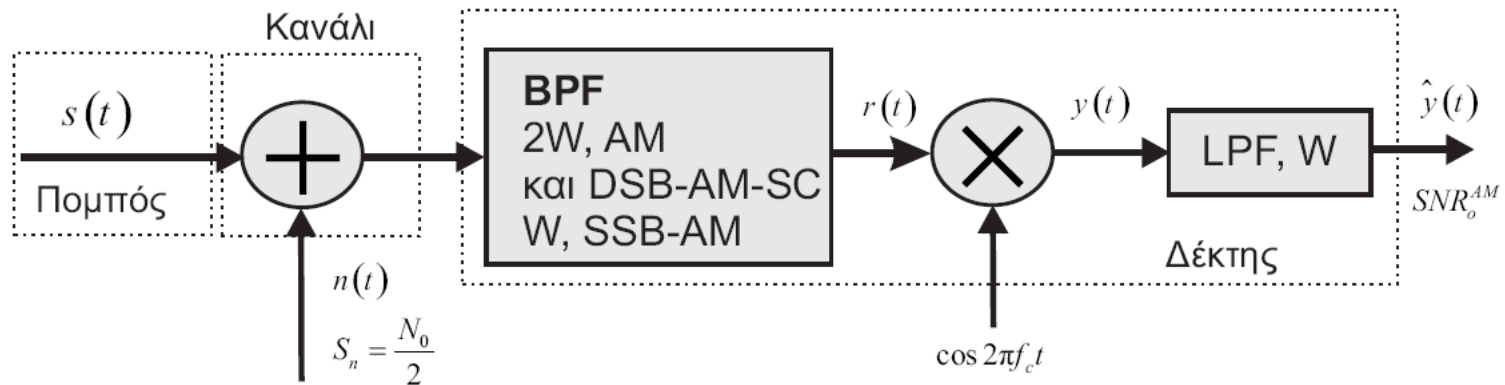
$$\begin{aligned}
 y(t) &= [A_c + m(t) + n_I(t)] \cos^2 2\pi f_c t - n_Q(t) \sin 2\pi f_c t \cos 2\pi f_c t \\
 &= \frac{1}{2} [A_c + m(t) + n_I(t)] + \frac{1}{2} [A_c + m(t) + n_I(t)] \cos 4\pi f_c t - \frac{1}{2} n_Q(t) \sin 4\pi f_c t
 \end{aligned}$$

Σήμα εισόδου του φίλτρου LPF

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

Σήμα εξόδου του φίλτρου LPF

Θόρυβος σε AM με Σύμφωνη Αποδιαμόρφωση (4/6)



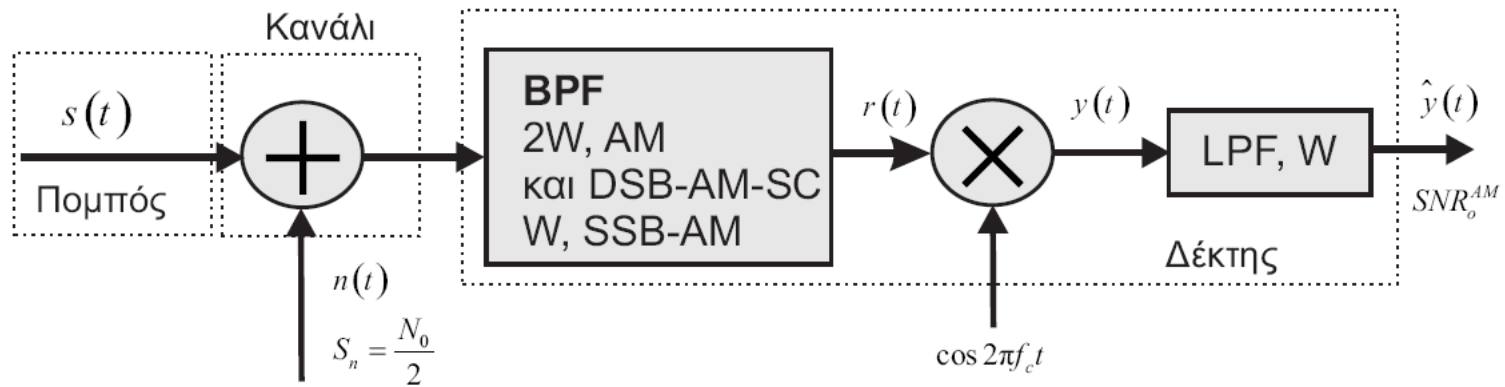
Υπολογισμός λόγου σήματος προς θόρυβο

$$SNR_o^{AM} = \frac{\frac{1}{4}\mathcal{P}_m}{\frac{1}{4}\mathcal{P}_{n_I}} = \frac{\mathcal{P}_m}{\mathcal{P}_n} = \frac{\mathcal{P}_m}{2WN_0}$$

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

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

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.

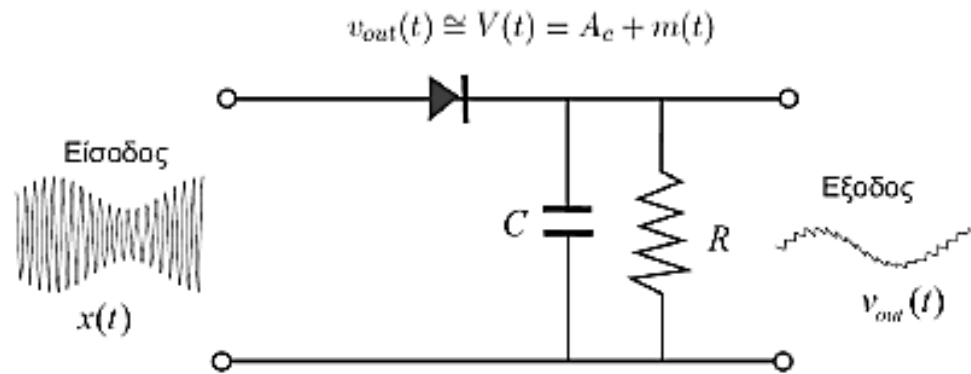


Περιεχόμενα ενότητας

- 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)

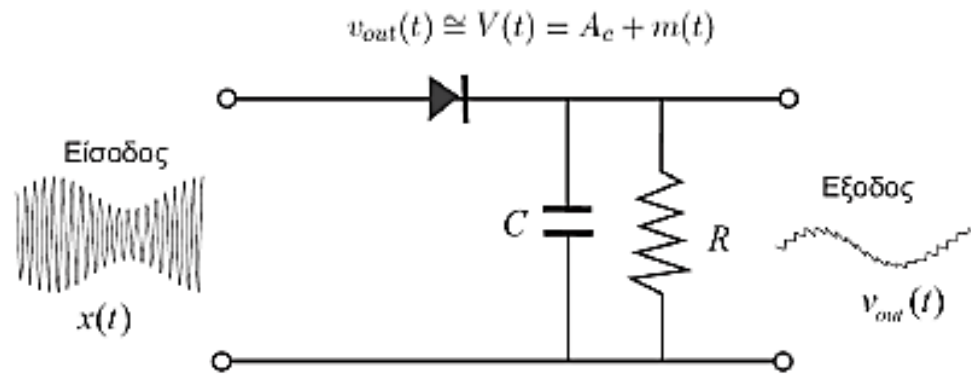


$$\begin{aligned} r(t) &= [A_c + m(t)] \cos 2\pi f_c t + n(t) \\ &= [A_c + m(t) + n_I(t)] \cos 2\pi f_c t - n_Q(t) \sin 2\pi f_c t \end{aligned}$$

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

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

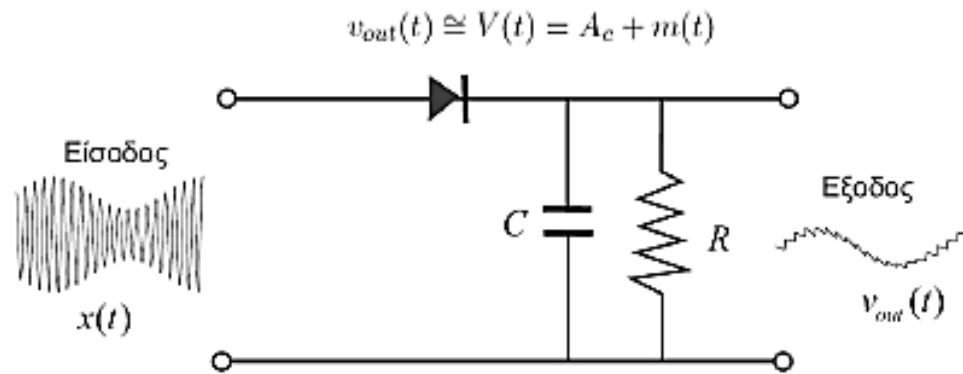
Συνθήκη

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

Τελικό σήμα εξόδου



Θόρυβος σε AM με Ασύμφωνη Αποδιαμόρφωση (3/3)



Λόγος σήματος προς θόρυβο

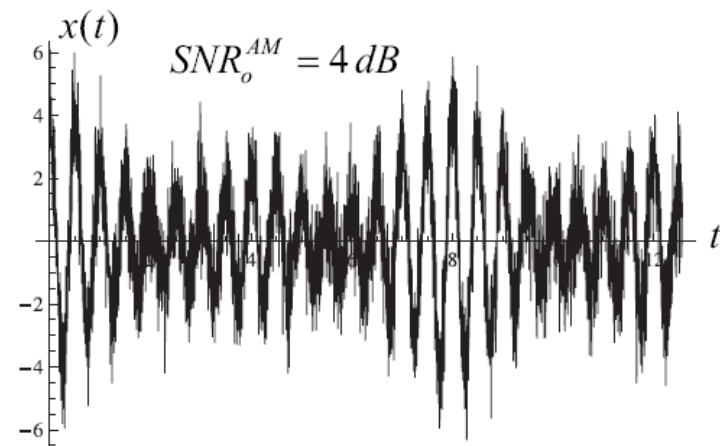
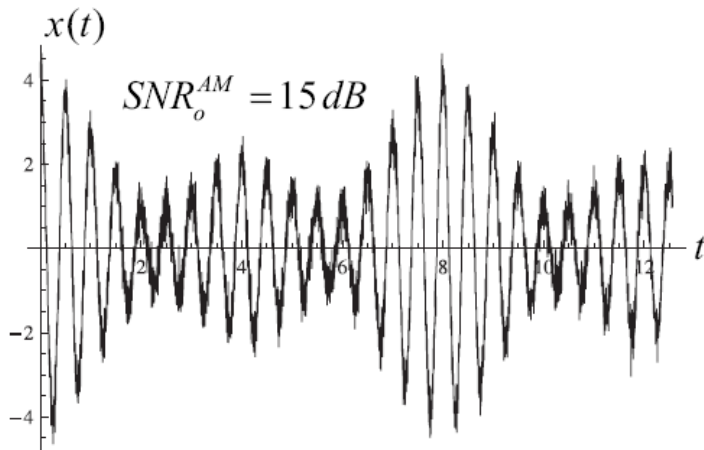
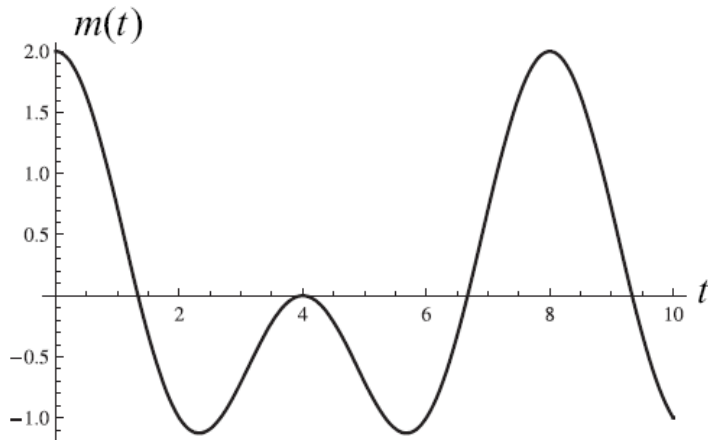
$$SNR_o^{AM} \simeq \frac{\mathcal{P}_m}{\mathcal{P}_n} = \frac{\mathcal{P}_m}{2WN_0}$$

Για την περιοχή μετάβασης από χαμηλά σε υψηλά SNR

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



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.

