

# Αναλογικές διαρμοφώσεις

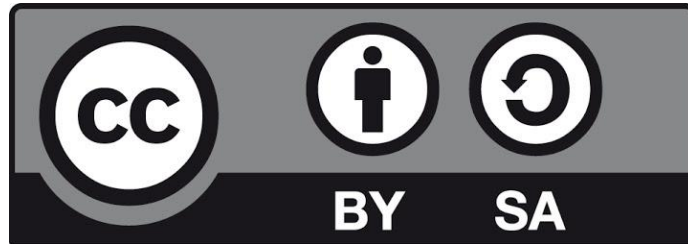
---

Εισηγητής: Χρήστος Δαλαμάγκας

[cdalamagkas@gmail.com](mailto:cdalamagkas@gmail.com)

# Άδεια χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται στη διεθνή άδεια χρήσης Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).



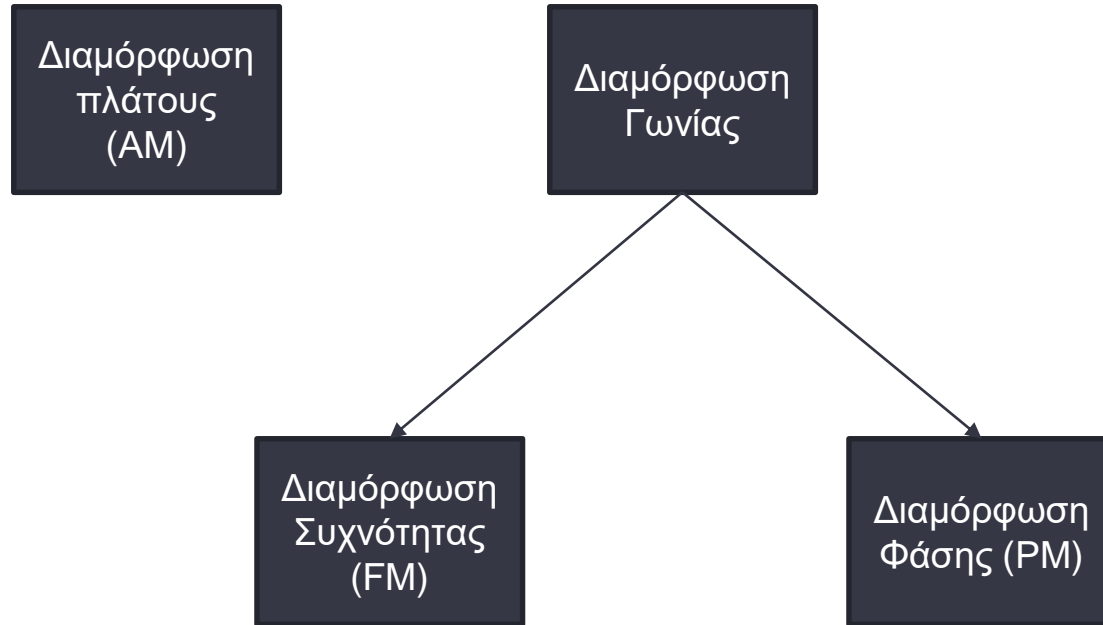
# Μετάδοση σε ζώνη διέλευσης (passband)

- Οι ηλεκτρικές συσκευές (πχ μικρόφωνο) δημιουργούν σήματα βασικής ζώνης
- Υπάρχει ανάγκη να μετατρέψουμε τα σήματα σε υψηλότερες συχνότητες πριν τα μεταδώσουμε
- Η διαμόρφωση μας επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε ένα φέρον σήμα (carrier) για να μεταδώσουμε πάνω σε αυτό την πληροφορία του σήματος βασικής ζώνης
- Το φέρον είναι ένα ημιτονοειδές σήμα, το οποίο είναι σε υψηλότερη συχνότητα (ζώνη διέλευσης) από αυτή του σήματος βασικής ζώνης
- Διαμορφώνουμε το σήμα φορέα με βάση τη μορφή του σήματος βασικής ζώνης

# Γιατί είναι απαραίτητη η διαμόρφωση;

- Σε χαμηλές συχνότητες είναι δύσκολη η κατασκευή κεραιών
  - Χαμηλές συχνότητες = μεγάλα μήκη κύματος -> μεγάλες κεραίες
- Το σήμα βασικής ζώνης πρέπει να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης
- Γίνεται δυνατή η πολλαπλή εκμετάλλευση του μέσου μετάδοσης (ταυτόχρονη μετάδοση μεγάλου αριθμού συνδιαλέξεων ή σημάτων)
- Βελτίωση του λόγου σήματος προς θόρυβο υπο δεδομένη ισχύ εκπομπής και παρεμβολών
- Το φυσικό κανάλι «κόβει» ή είναι αδύνατη η μετάδοση σε χαμηλές συχνότητες

# Κατηγορίες αναλογικής διαμόρφωσης

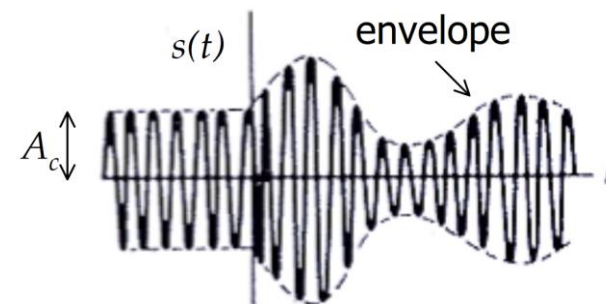
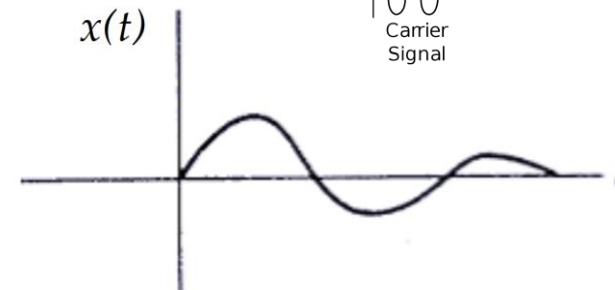
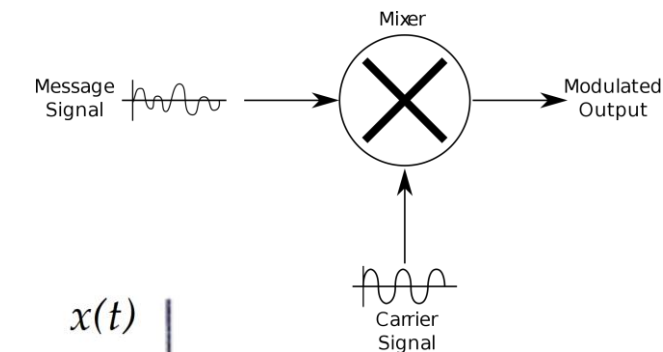


# Διαμόρφωση πλάτους

---

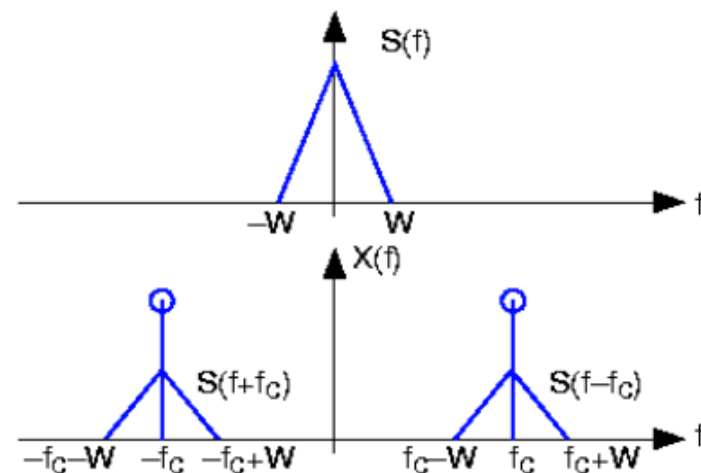
# Διαμόρφωση πλάτους

- Το σχήμα της περιβάλλουσας του διαμορφωμένου σήματος είναι το ίδιο με το σήμα πληροφορίας
- Σήμα βασικής ζώνης: Ήχος στα 2-20 KHz
- Συχνότητα φέροντος: 525 – 1705 KHz
- Ακτίνα λήψης: Από 250-500 km μέχρι τη μισή υφήλιο!
- Κατηγορίες διαμόρφωσης AM:
  - AM διπλής πλευρικής ζώνης με καταργημένο φέρον (AMDSB-SC)
  - Συμβατικό AM διπλής πλευρικής ζώνης (AMDSB-LC)
  - AM απλής πλευρικής ζώνης (AMSSB)
  - AM με κατάλοιπο πλευρικής ζώνης (AMVSB)



# AM διπλής πλευρικής ζώνης με καταργημένο φέρον (AMDSB-SC)

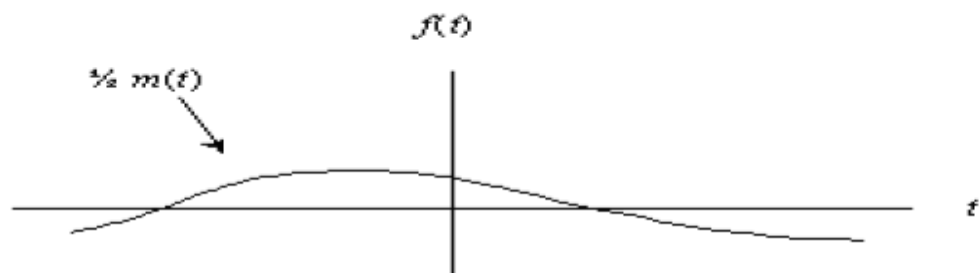
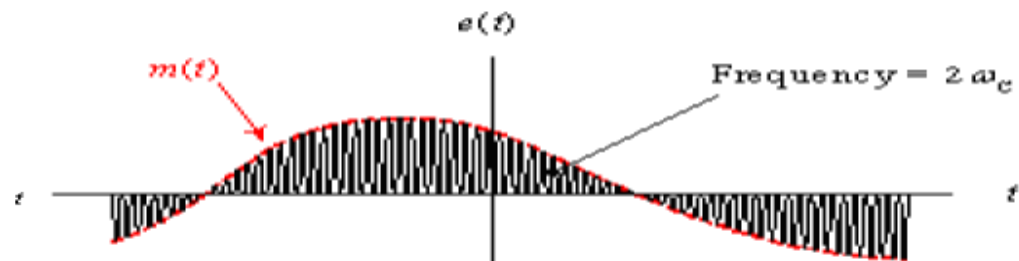
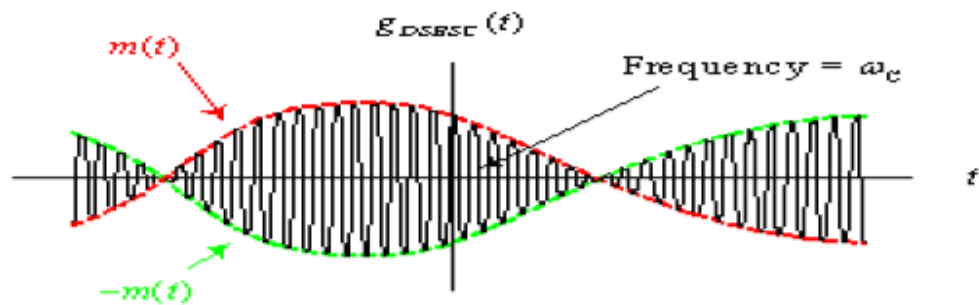
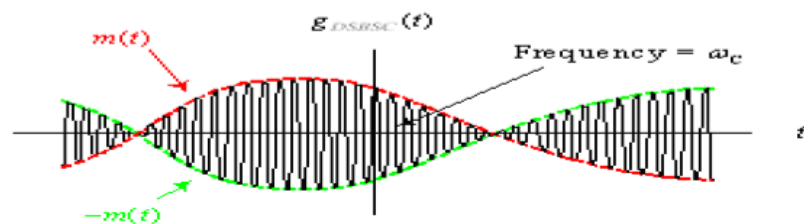
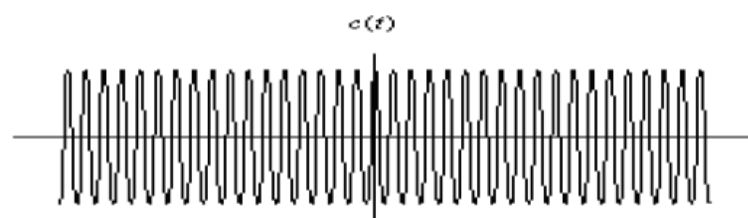
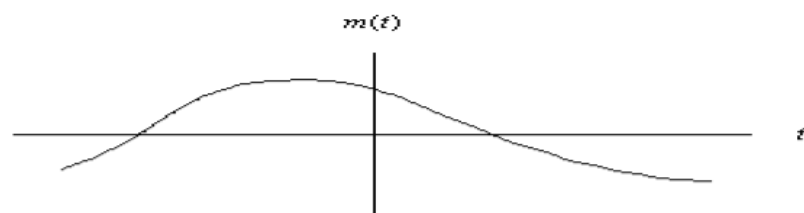
- Το σήμα πληροφορίας  $m(t)$  πολλαπλασιάζεται με το φέρον  $c(t)$
- Το εύρος ζώνης του διαμορφωμένου σήματος είναι διπλάσιο της μέγιστης συχνότητας του  $m(t)$ ,  $BW = 2 * f_c$
- Η ισχύς της φέρουσας συμπίεζεται (SC – suppressed carrier)
- Ζώνες συχνοτήτων:
  - Άνω πλευρική (Upper Sideband – USB)
  - Κάτω πλευρική (Lower sideband – LSB)
- Διπλή πλευρική ζώνη: Κάθε πλευρική έχει ολόκληρο το φάσμα του σήματος πληροφορίας  $m(t)$



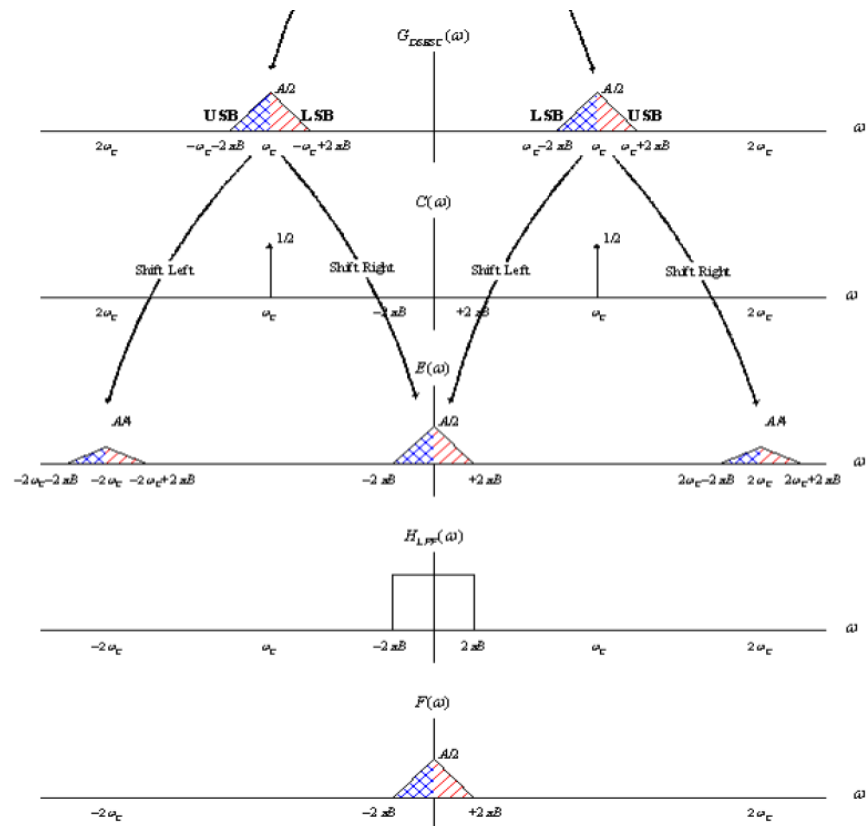
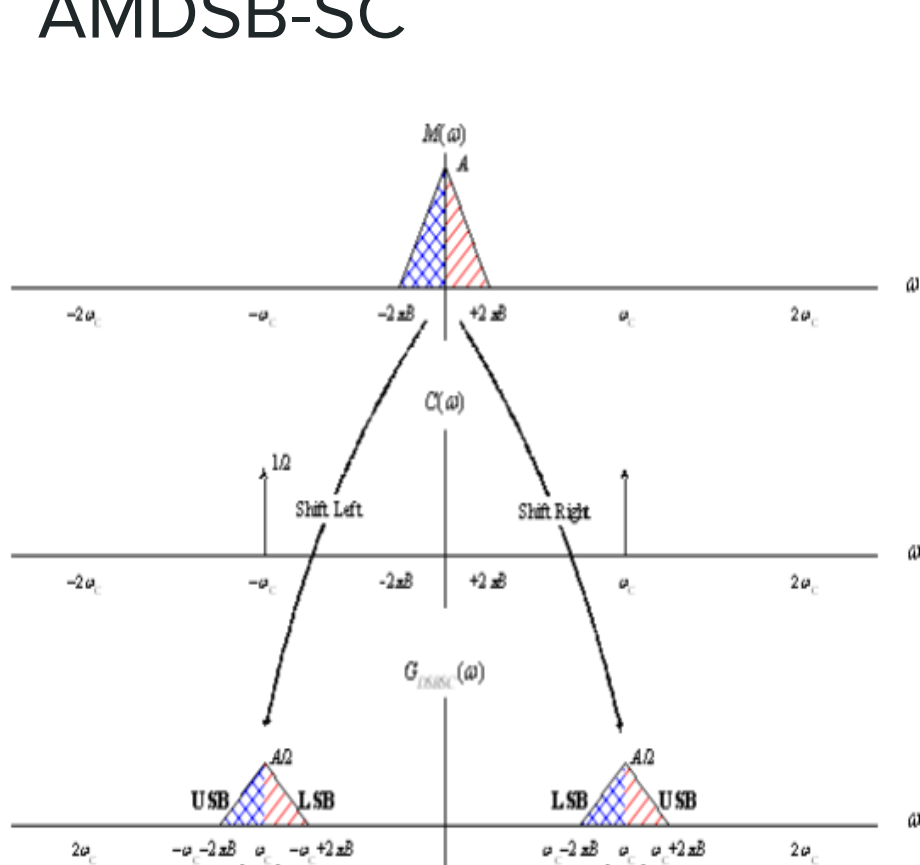
Σχ.4. 6 Φασματικό περιεχόμενο AM σήματος



# AMDSB-SC



# AMDSB-SC



# Συμβατικό AM διπλής πλευρικής ζώνης (AMDSB-LC)

- Και εδώ χρησιμοποιείται το διπλάσιο εύρος ζώνης
- Η διαφορά στο DSB-LC είναι η υψηλότερη ισχύς στην συνιστώσα φέρουσας
  - Στο DSB-SC η συνιστώσα φέρουσας είχε μικρή ισχύ
- Μειονέκτημα: Μη αποδοτικό ως προς την ισχύ
  - Πολύ ισχύς για τη συνιστώσα της φέρουσας
- Πλεονέκτημα: Εύκολη αποδιαμόρφωση
- Η αποδιαμόρφωση γίνεται με τον ανιχνευτή περιβάλλουσας ή με ανορθωτή

# ΑΜ απλής πλευρικής ζώνης (AMSSB)

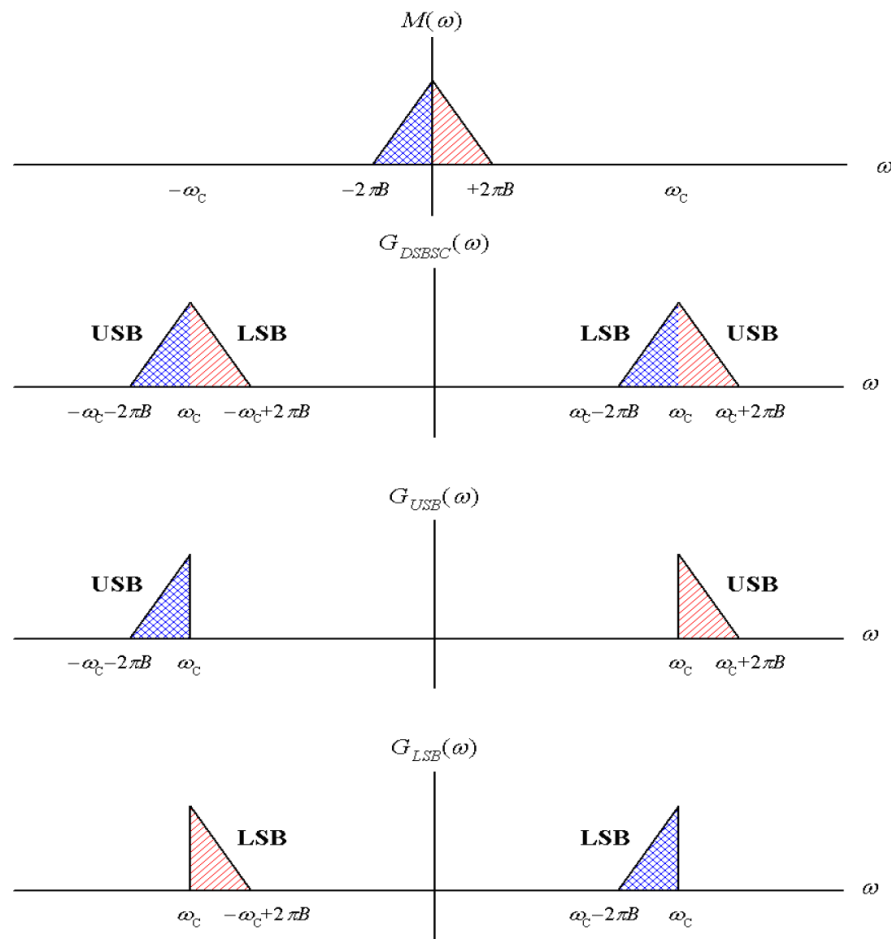
- Στο συμβατικό ΑΜ και AMDSB-SC το διαμορφωμένο σήμα καταλαμβάνει διπλάσιο εύρος ζώνης από το βασικό σήμα
- Πάνω από την ίδια ζώνη συχνοτήτων γίνεται να αποσταλούν δυο σήματα
  - Ένα διαμορφωμένο συνημίτονο
  - Ένα διαμορφωμένο ημίτονο
- Τα δυο σήματα μπορούν να ληφθούν ξεχωριστά μετά τη διαμόρφωση

# AM απλής πλευρικής ζώνης (AMSSB)

- Στο συμβατικό AM και AMDSB-SC το διαμορφωμένο σήμα καταλαμβάνει διπλάσιο εύρος ζώνης από το βασικό σήμα
  - Δυο πλευρικές ζώνες
  - Μη αποδοτική διαχείριση του φάσματος
- Λύση: Να χρησιμοποιήσουμε μια από τις δυο ζώνες συχνοτήτων
  - Στη διαμόρφωση εφαρμόζουμε ζωνοδιαβατό φίλτρο (passband)

# AMSSB

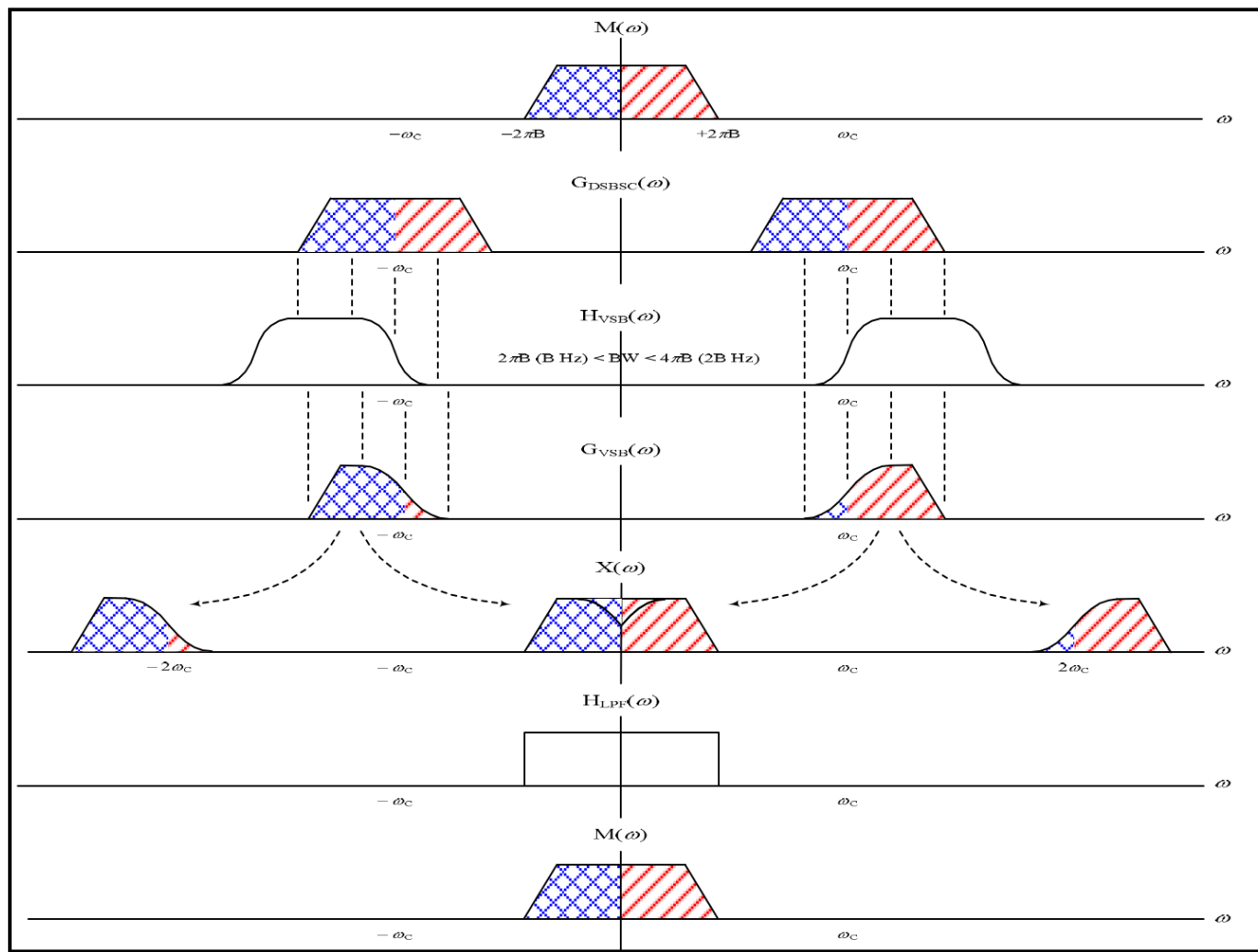
- Φασματική αναπαράσταση AMSSB
- Χρήση κατάλληλου ζωνοδιαβατού φίλτρου για την απόρριψη μιας από τις δυο πλευρικές ζώνες
- Μέθοδος επιλεκτικού φιλτραρίσματος
  - «Κόψιμο» συχνοτήτων στο πεδίο της συχνότητας
- Μέθοδος ολίσθησης φάσης
  - Αλλαγή φάσης στο πεδίο του χρόνου



# ΑΜ με κατάλοιπο πλευρικής ζώνης (AMVSB)

- Η διαμόρφωση DSB καταναλώνει διπλάσιο εύρος ζώνης
- Η διαμόρφωση SSB είναι δύσκολο να υλοποιηθεί πρακτικά, λόγω αυστηρών απαιτήσεων στον 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)

# AM με κατάλοιπο πλευρικής ζώνης (AMVSB)



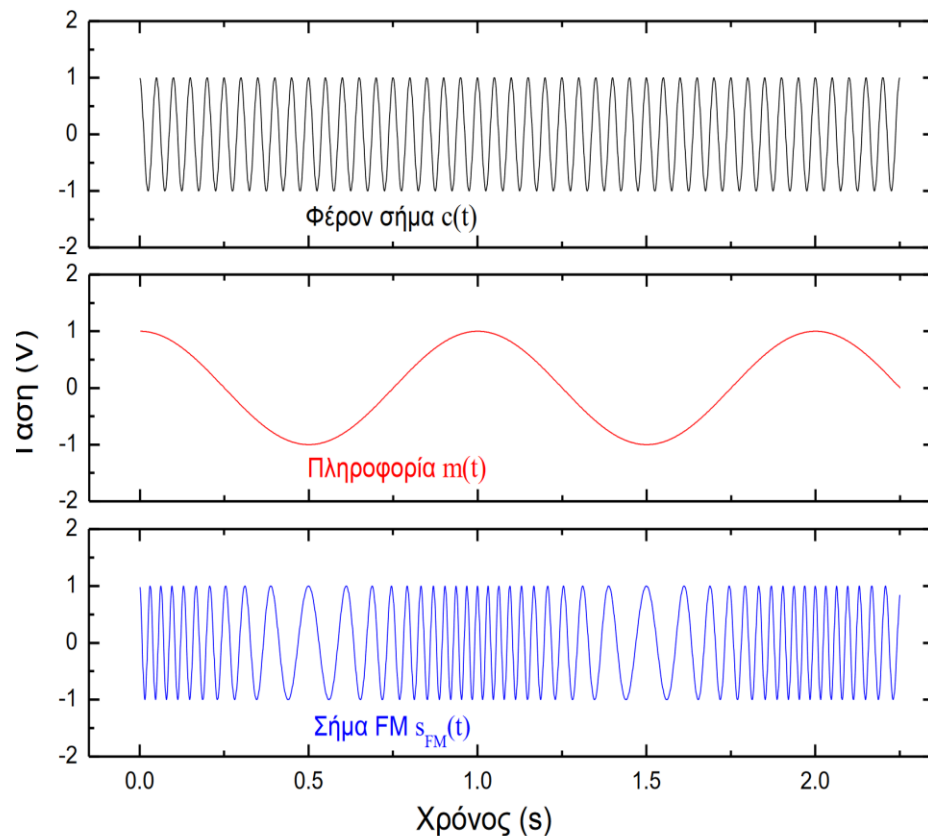


# Διαμόρφωση Γωνίας

---

# Διαμόρφωση γωνίας

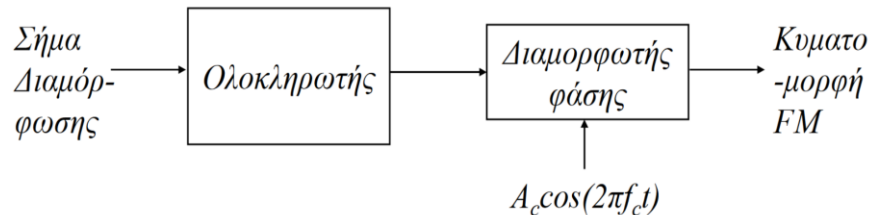
- Η πληροφορία κωδικοποιείται στο φέρον αλλάζοντάς του τη γωνία
- Το πλάτος του φέροντος παραμένει σταθερό
- Καλύτερη αντοχή ως προς τον θόρυβο και τις παρεμβολές
- Κόστος το αυξημένο εύρος ζώνης
- Δυο μορφές διαμόρφωσης γωνίας:
  - Διαμόρφωση φάσης (PM)
  - Διαμόρφωση συχνότητας (FM)



# Είδη διαμόρφωσης γωνίας

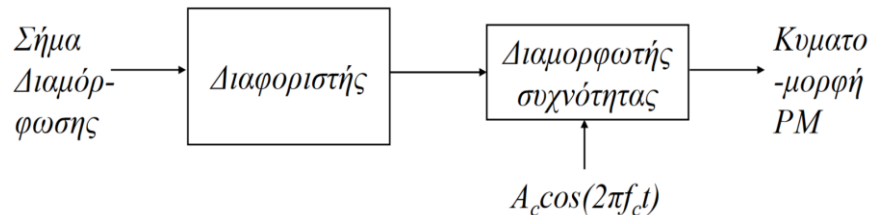
- Διαμόρφωση συχνότητας

- Η συχνότητα μεταβάλλεται γραμμικά με το σήμα βασικής ζώνης



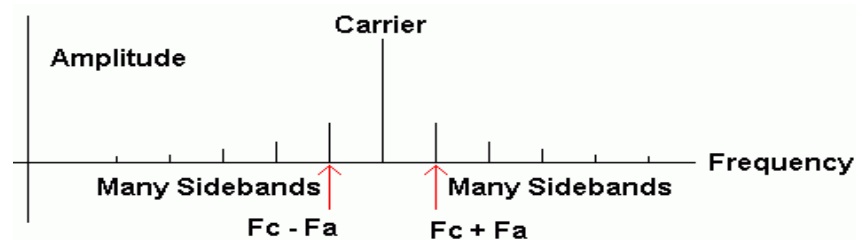
- Διαμόρφωση φάσης

- Η φάση μεταβάλλεται γραμμικά με το σήμα βασικής ζώνης



# Διαμόρφωση συχνότητας

- Ένα διαμορφωμένο σήμα κατά FM έχει ως αποτέλεσμα μια κεντρική συχνότητα (αυτή του φέροντος) και πολλές πλησίον του φέροντος (αρμονικές ή πλευρικές - sidebands)
- Το σήμα είναι ισχυρότερο στη συχνότητα του φέροντος και ασθενότερο στις αρμονικές
- Εύρος ζώνης διαμορφωμένου σήματος (νόμος Carson):  $BW = 2 (f_{max} + \Delta f)$   
 $f_{max}$ : Η μέγιστη συχνότητα στο βασικό σήμα  
 $\Delta f$  ( $F_a$  στο σχήμα): Η απόκλιση της πρώτης πλευρικής από τη συχνότητα φέροντος.
- Τυπικές τιμές για  $\Delta f$ :
  - 75 KHz (200KHz κενό μεταξύ των καναλιών FM)
  - 5 KHz (25 KHz κενό)
  - 2.5 KHz (12.5 KHz κενό)
  - 2 KHz (8.33 KHz κενό)



# Είδη μεθόδων FM

- FM στενής ζώνης (narrowband)

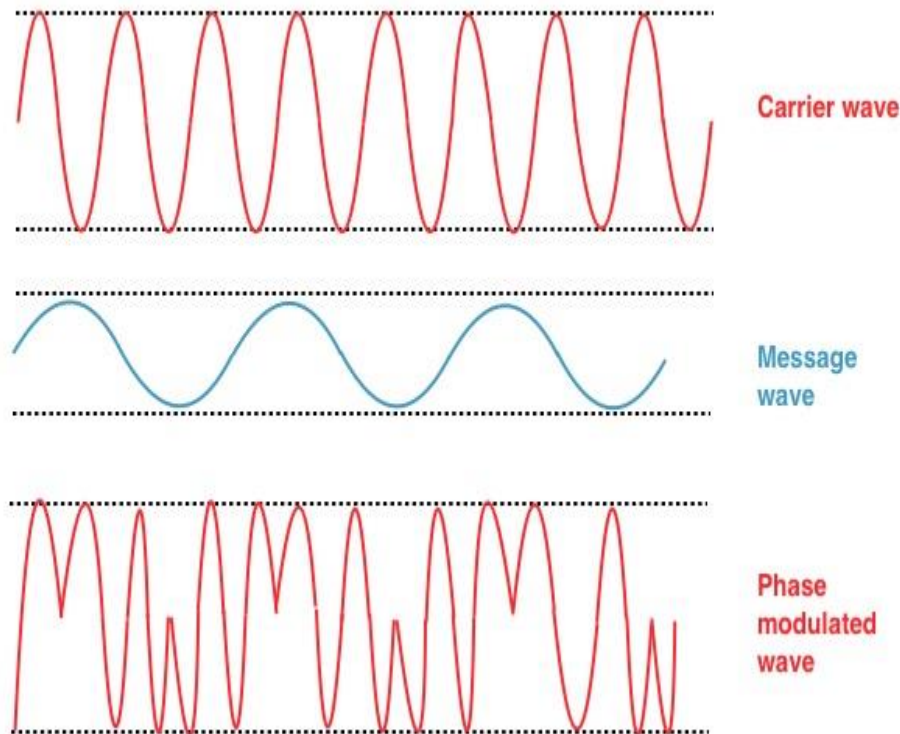
- Το διαμορφωμένο σήμα έχει μικρό εύρος ζώνης
- Η ζώνη αποτελείται από το φέρον, την USB και την LSB
- Μεγαλύτερο εύρος κάλυψης, αντοχή στις παρεμβολές
- Χρήσεις: Αστυνομία, ασθενοφόρα, ταξί κλπ

- FM ευρείας ζώνης (wideband)

- Μπορεί να χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό πλευρικών γύρω από το φέρον σήμα
- Περισσότερο εύρος ζώνης
- Υποστηρίζονται υπηρεσίες υψηλής ποιότητας, όπως ραδιόφωνο
- Λιγότερες αντοχές σε παρεμβολές

# Διαμόρφωση φάσης

- Η φάση του φέροντος αλλάζει αναλόγως του πλάτους του  $m(t)$
- Άπειρα σημεία στα οποία μπορεί να αλλάξει η φάση του φέροντος
- Όταν το μήνυμα φτάσει σε ένα ακρότατο, τότε αλλάζει η φάση κατά  $\pi/2$
- Χρησιμοποιείται περισσότερο στις κινητές επικοινωνίες



# Εφαρμογές AM / FM και σύγκριση

---

# Εφαρμογές AM και FM και σύγκριση

- Οι πιο γνωστές χρήσεις των διαμορφώσεων AM και FM είναι
  - Το αναλογικό ραδιόφωνο
  - Η αναλογική τηλεόραση
- Στην αναλογική τηλεόραση, χρησιμοποιείται AM για μετάδοση της εικόνας σε μια συχνότητα και FM για μετάδοση του ήχου
- Το εύρος συχνοτήτων για AM είναι 535-1705 KHz, ενώ για FM είναι από 88 μέχρι 108 MHz
- Το FM απαιτεί περισσότερο εύρος ζώνης, ωστόσο αντέχει στις παρεμβολές και προσφέρει καλύτερη ποιότητα σήματος
- Τα κυκλώματα που υλοποιούν διαμόρφωση AM είναι απλότερα, αντιθέτως τα κυκλώματα για FM είναι πιο περίπλοκα,
  - Η τάση ενός βασικού σήματος πρέπει να αποτυπώνεται σε αλλαγή συχνότητας