

Εισαγωγή στα Σήματα Τηλεπικοινωνιών

Δρ. Άγγελος Μιχάλας
Καθηγητής

Βιβλιογραφία

- Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες - ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, ΚΑΨΑΛΗ, ΚΩΤΤΗ – Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- Συστήματα Επικοινωνίας - Simon Haykin – Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- Αρχές Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων - Taub, Schilling – Εκδόσεις Τζιόλα.

Ορολογία μετάδοσης

- η μετάδοση δεδομένων εμφανίζεται μεταξύ πομπού και δέκτη μέσω κάποιου μέσου μετάδοσης
- καθοδηγούμενο μέσο
 - π.χ. Συνεστραμμένο ζεύγος, ομοαξονικό καλώδιο, οπτική ίνα
- Μή καθοδηγούμενο/ασύρματο μέσο
 - π.χ. αέρας, ύδωρ, κενό

Σήματα

- Ορίζουμε ως σήμα σαν μια μονοσήμαντη συνάρτηση που μεταφέρει πληροφορίες.
- Για κάθε χρονική στιγμή υπάρχει μια μοναδική τιμή της συνάρτησης.
- Η τιμή αυτή συνήθως είναι πραγματικός αριθμός που εκφράζει τιμή τάσης ή ρεύματος.

Ταξινόμηση σημάτων

Κατηγοριοποίηση στο πεδίο του χρόνου

- Ντετερμινιστικά/Τυχαία σήματα
- Αναλογικά/Ψηφιακά σήματα
- Περιδικά/Απεριοδικά σήματα

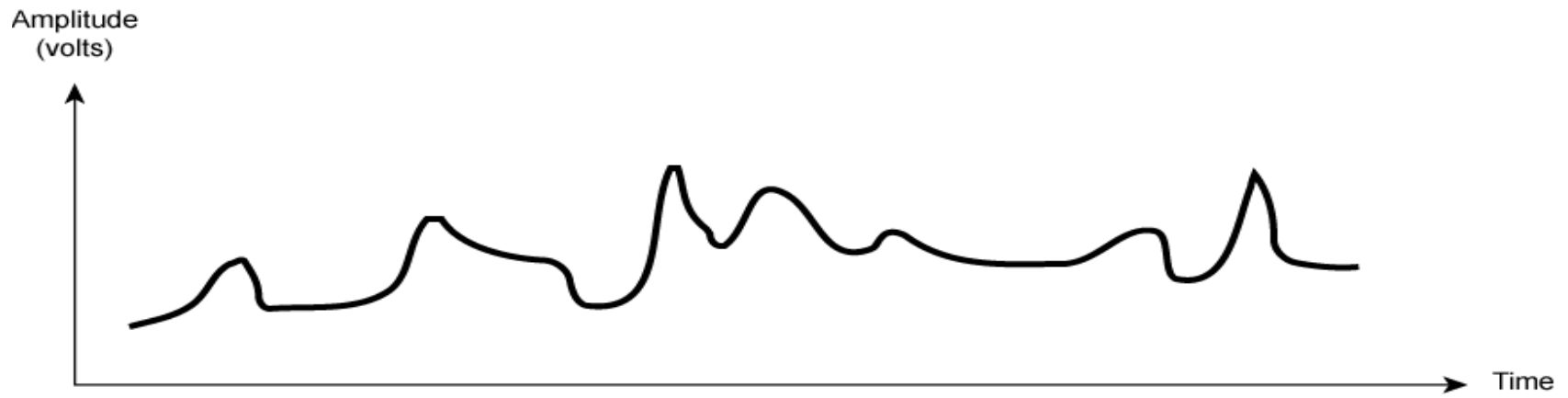
Ντετερμινιστικά/Τυχαία σήματα

- Ντετερμινιστικά
 - Δεν υπάρχει καμιά αβεβαιότητα όσον αφορά την τιμή του κάθε χρονική στιγμή.
 - Μπορούν να αναπαρασταθούν σαν πλήρως καθορισμένες συναρτήσεις του χρόνου.
- Τυχαία
 - Δεν είναι δυνατόν να προβλέψουμε την ακριβή τιμή τους προκαταβολικά.
 - Σήμα φωνής – αποτελείται από τυχαία εμφανιζόμενες εκρήξεις ενέργειας με τυχαία διάρκεια.

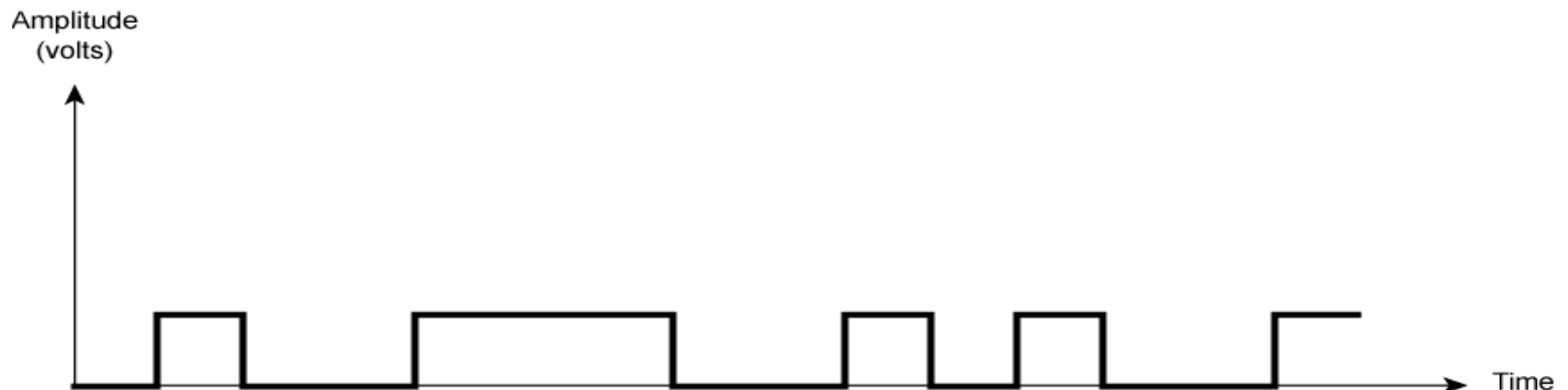
Αναλογικά/Ψηφιακά σήματα

- Αναλογικό σήμα
 - Συνεχής συνάρτηση του χρόνου. Η τιμή του σήματος μεταβάλλεται ομαλά κατά τη διάρκεια του χρόνου.
 - Πχ. Όταν ένα ακουστικό ή οπτικό σήμα μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα.
- Ψηφιακό Σήμα
 - διατηρεί μια σταθερή τιμή για κάποια χρονική περίοδο και έπειτα απότομα αλλάζει σε μια άλλη σταθερή τιμή.

Αναλογικά/Ψηφιακά σήματα



(a) Analog



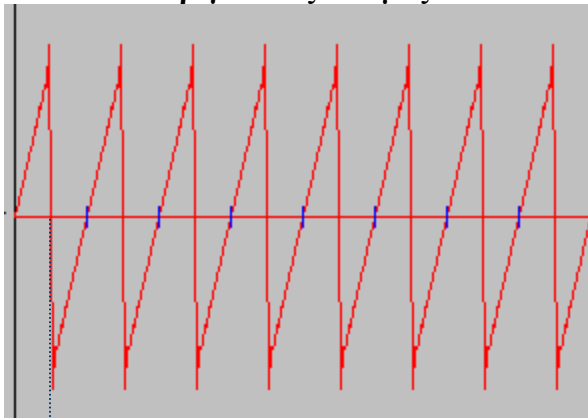
(b) Digital

Περιοδικά/Απεριοδικά σήματα

- Περιοδικό σήμα
 - Έχουν ένα βασικό θεμελιώδες σχήμα επαναλαμβανόμενο κατά τη διάρκεια του χρόνου
 - συνάρτηση της μορφής $g(t) = g(t + T_0)$
- Απεριοδικό σήμα
 - Σχήμα μη επαναλαμβανόμενο κατά τη διάρκεια του χρόνου
 - Δεν υπάρχει T_0 που να ικανοποιεί την πιο πάνω εξίσωση

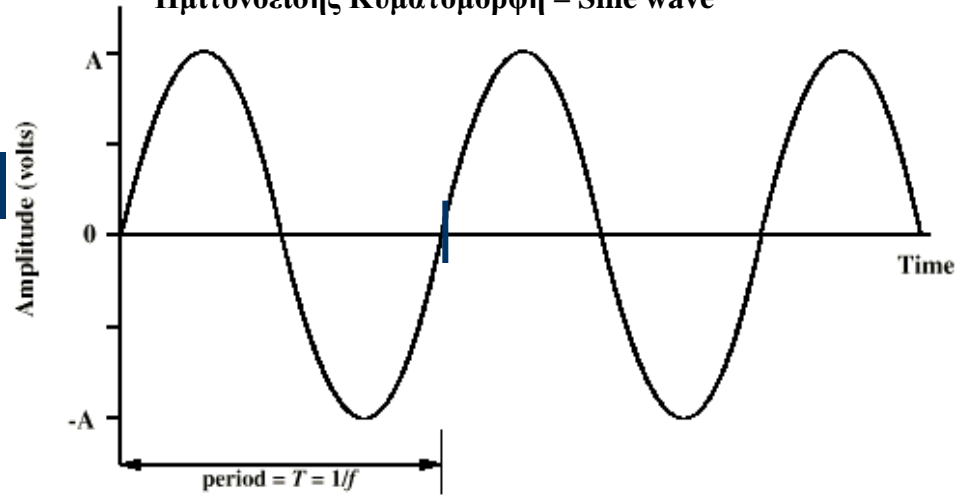
Περιοδικά σήματα

Τριγωνικός Παλμός



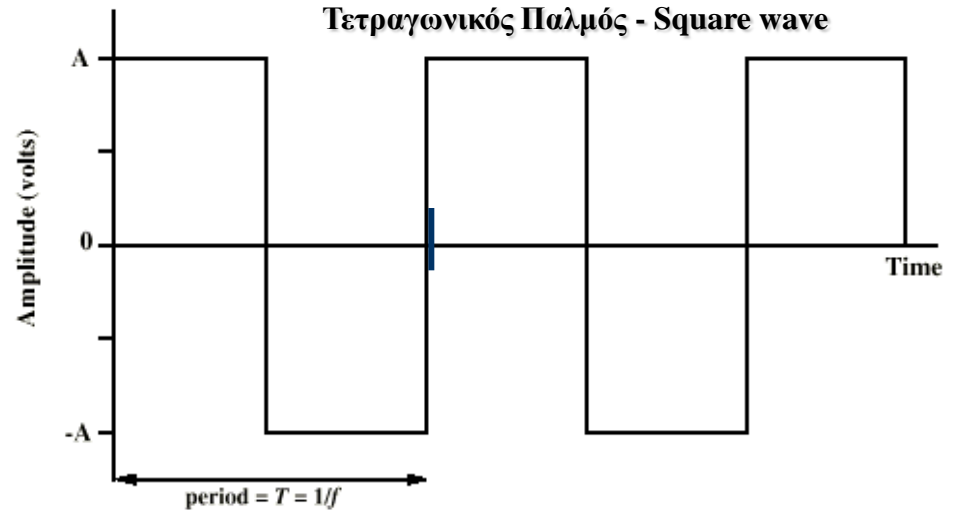
Θεμελιώδες σήμα

Ημιτονοειδής Κυματομορφή – Sine wave



Θεμελιώδες σήμα

Τετραγωνικός Παλμός - Square wave

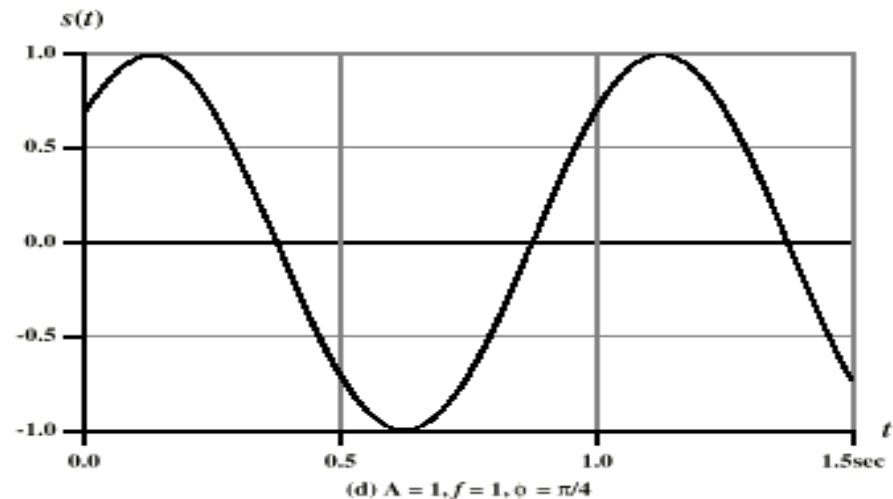
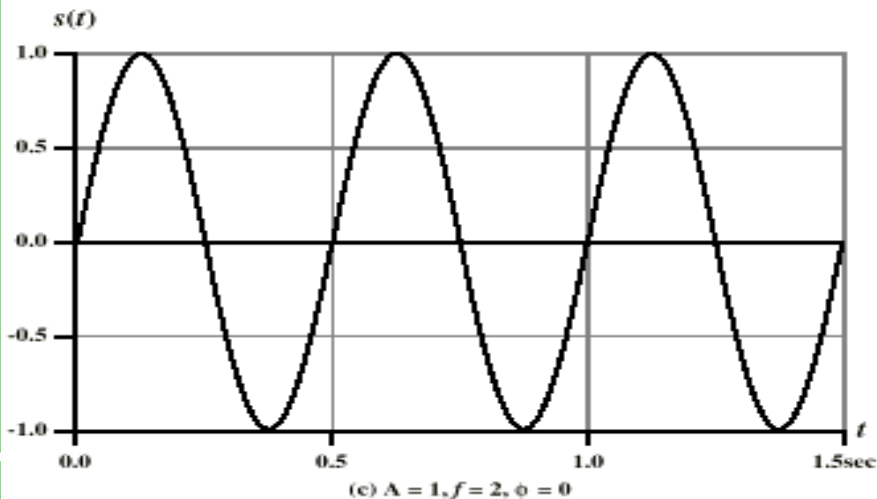
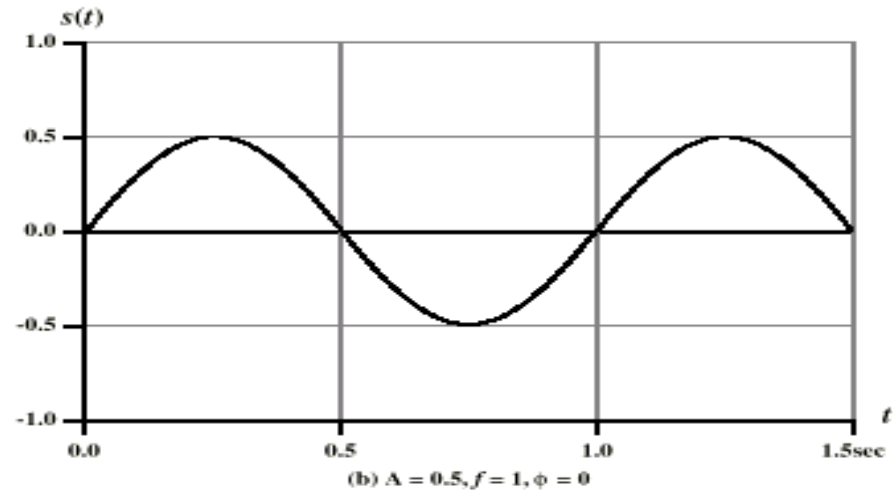
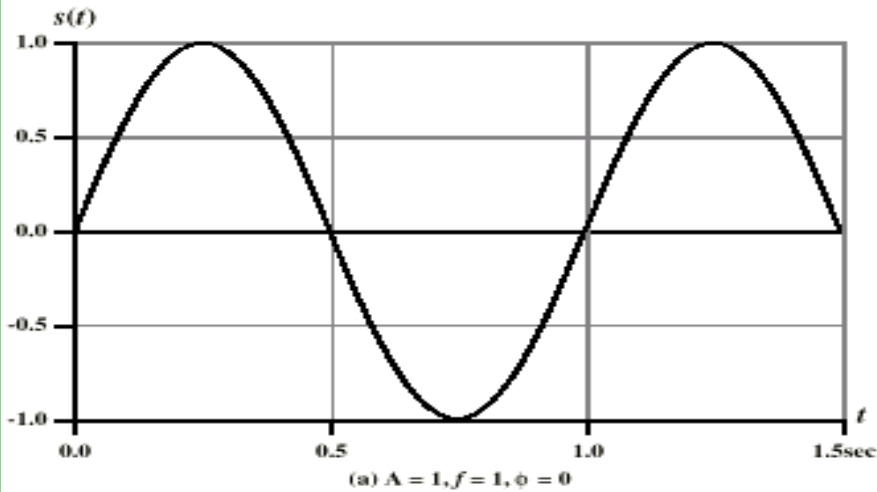


Θεμελιώδες σήμα

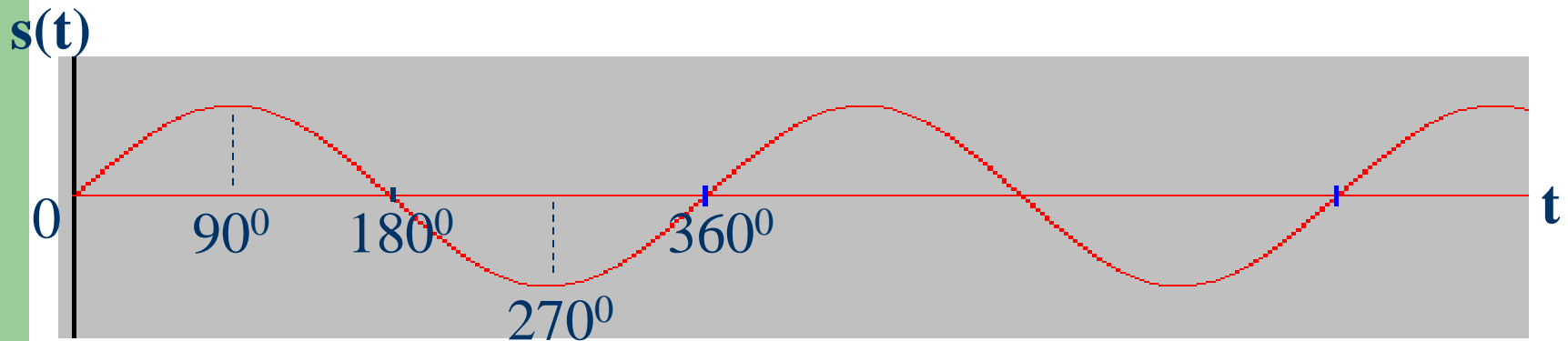
Ημιτονοειδής Κυματομορφή

- Η ημιτονοειδής κυματομορφή είναι το θεμελιώδες περιοδικό σήμα (μπορεί να παραχθεί από διαπασών). Έχει τρεις παραμέτρους :
- Μέγιστο πλάτος (A) - η μέγιστη τιμή του σήματος στη διάρκεια του χρόνου ; Συνήθως μετράται σε volts.
- Συχνότητα (f) – ο ρυθμός [σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο - Hertz (Hz)] που το βασικό θεμελιώδες σχήμα επαναλαμβάνεται. Ισοδύναμη παράμετρος είναι η περίοδος (T) του σήματος, όπου $T = 1/f$.
- Φάση (φ) – μέτρο της σχετικής θέσης του σήματος στη διάρκεια μιας περιόδου.

Διάφορες ημιτονοειδείς κυματομορφές

$$s(t) = A \sin(2\pi ft + \varphi)$$


Ημιτονοειδής κυματομορφή – φάση $\varphi=0$: $s(t) = A \sin(2\pi f t) = A \sin(\theta)$



$$\Theta_{\text{μοίρες}} = 360f t$$

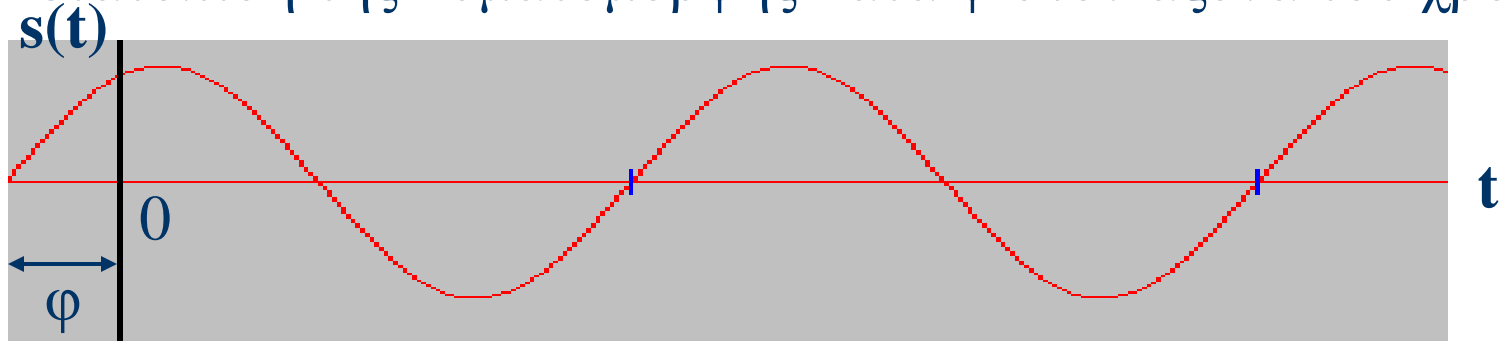
$$\Theta_{\text{rad}} = 2\pi f t$$

f – συχνότητα (frequency)

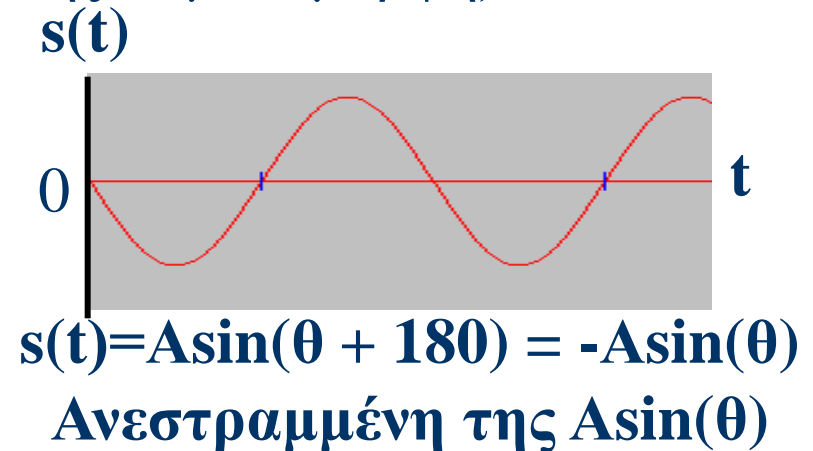
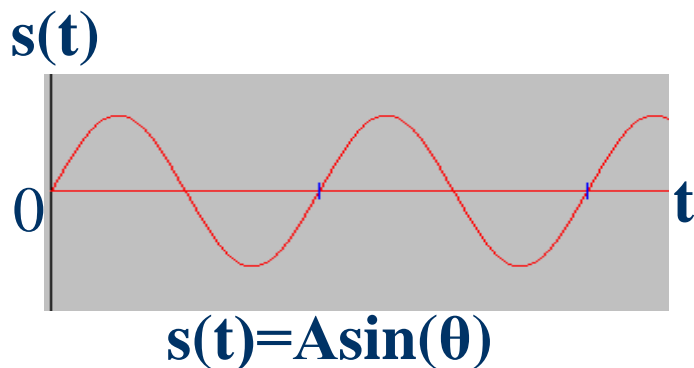
Ημιτονοειδής κυματομορφή – φάση φ :

$$s(t) = A \sin(2\pi f t + \varphi) = A \sin(\theta + \varphi)$$

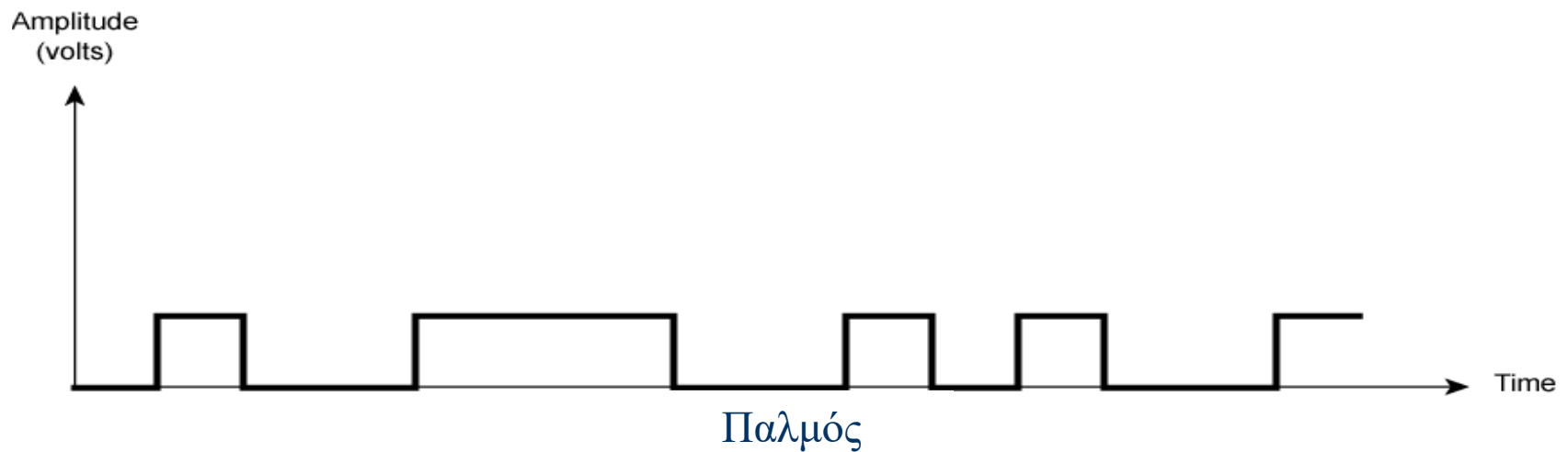
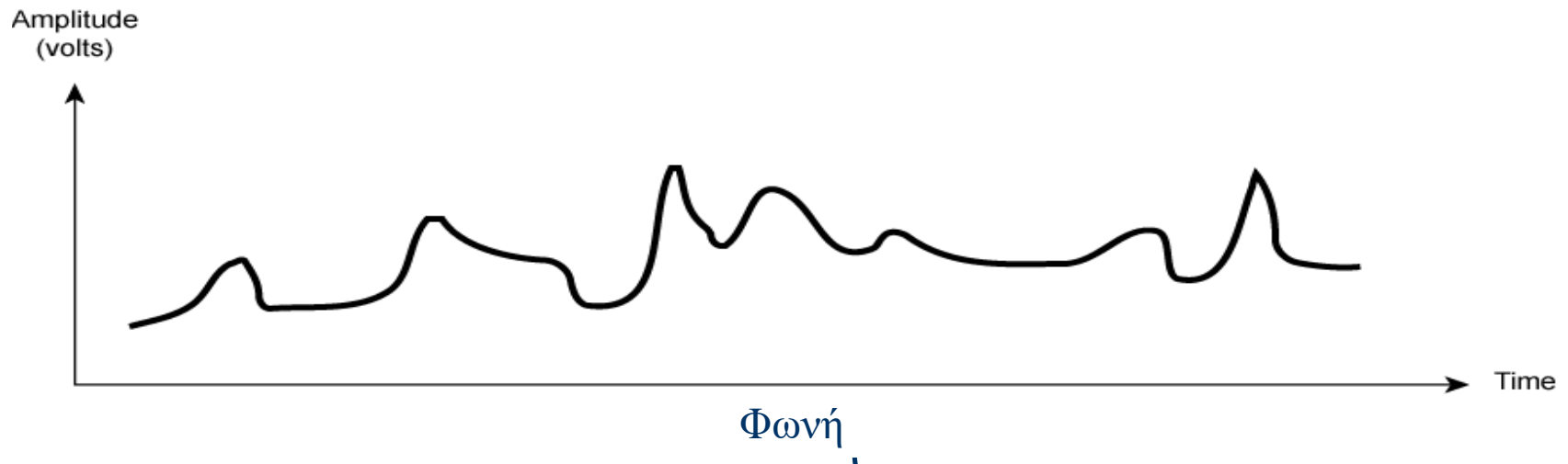
Μετατόπιση της κυματομορφής κατά φ στον άξονα του χρόνου



Παράδειγμα μετατόπισης της $\sin(\theta)$ κατά 180° – Προκύπτει:
 $\sin(\theta+180) = \cos(\theta)$ (συνημιτονοειδής κυματομορφή)



Απεριοδικά (ή μη περιοδικά) σήματα

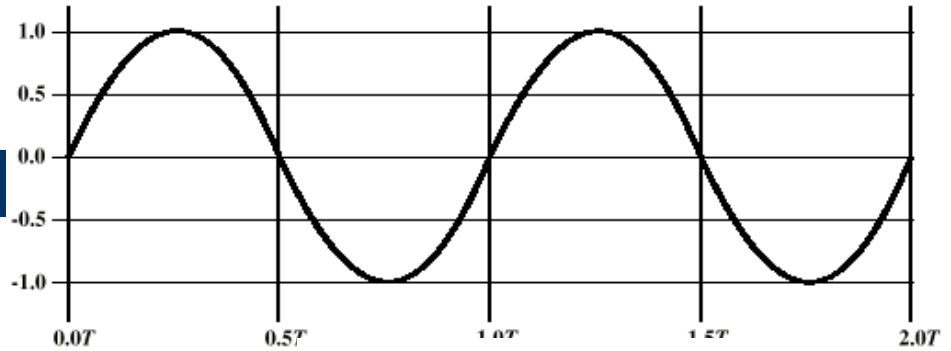


Αναπαράσταση σημάτων στο πεδίο της συχνότητας

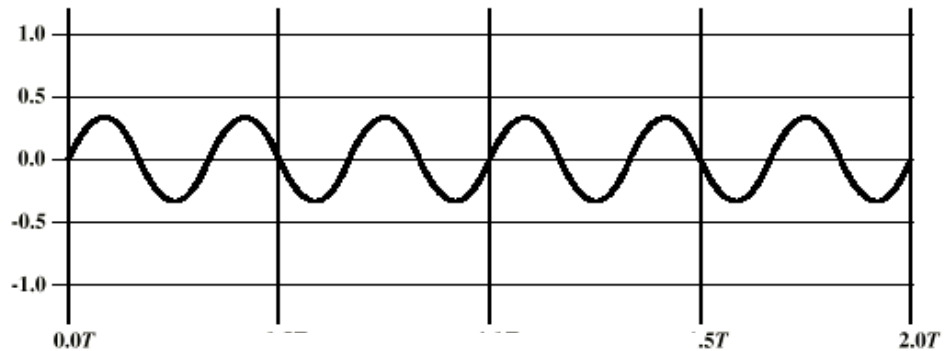
- Στην πράξη, κάθε σήμα αποτελείται από πολλές συχνότητες.
- Σύμφωνα με θεώρημα Fourier, κάθε σήμα είναι ένα άθροισμα ημιτονοειδών σημάτων (αρμονικές συνιστώσες)
- Για τα περιοδικά σήματα οι συχνότητες των αρμονικών είναι ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους συχνότητας με κατάλληλα πλάτη και φάσεις (διακριτό φάσμα συχνοτήτων).
- Για τα μη περιοδικά σήματα οι συχνότητες των αρμονικών δεν είναι διακεκριμένες τιμές αλλά όλες (συνεχές φάσμα συχνοτήτων).
- Έτσι προσθέτοντας μαζί ημιτονοειδή σήματα, που το καθένα έχει το κατάλληλο πλάτος, συχνότητα, και φάση, οποιοδήποτε σήμα μπορεί να κατασκευαστεί.

Πρόσθεση αρμονικών συνιστωσών

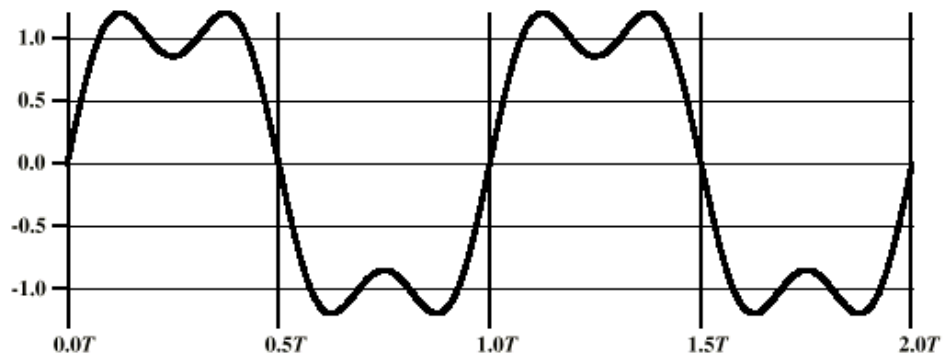
- Οι συνιστώσες του σήματος $s(t)$ στο σχήμα α είναι οι ημιτονοειδείς συναρτήσεις συχνοτήτων f και $3f$, που εμφανίζονται στα σχήματα (α) και (β).



(a) $\sin(2\pi ft)$



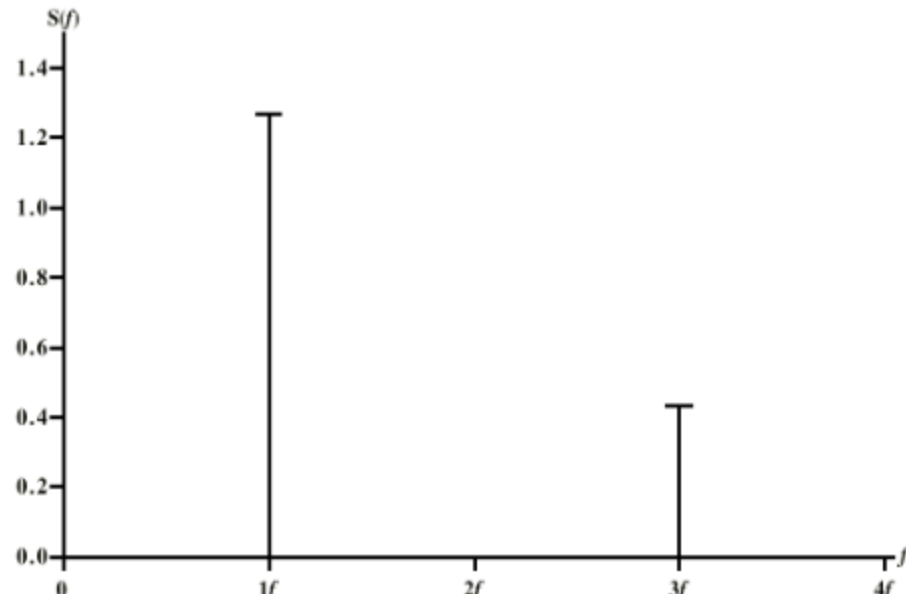
(b) $1/3\sin(2\pi 3ft)$



(c) $s(t) = (4/\pi) \cdot (\sin(2\pi ft) + 1/3\sin(2\pi 3ft))$

Αναπαράσταση σημάτων στο πεδίο της συχνότητας

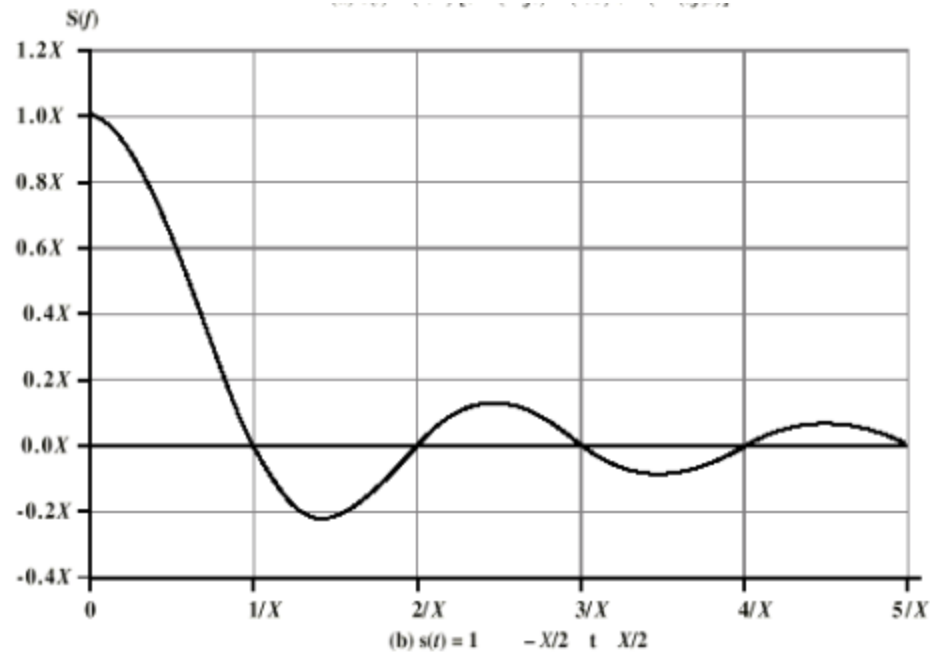
- Είδαμε ότι για κάθε σήμα, υπάρχει μια συνάρτηση $s(t)$ που περιγράφει την τιμή του σήματος σε κάθε χρονική στιγμή.
- Επιπλέον υπάρχει και συνάρτηση στο πεδίο της συχνότητας $S(f)$ που καθορίζει το μέγιστο πλάτος των συχνοτήτων που αποτελείται το σήμα.
- Στο σχήμα παρουσιάζεται η συνάρτηση στο πεδίο της συχνότητας $S(f)$ του σήματος $s(t)$ της προηγούμενης διαφάνειας.
- Παρατηρούμε ότι η $S(f)$ είναι διακριτή συνάρτηση.



(c) $s(t) = (4/\pi) \cdot (\sin(2\pi ft) + 1/3 \sin(2\pi 3ft))$

Αναπαράσταση σημάτων στο πεδίο της συχνότητας

- Στο σχήμα παρουσιάζεται η συνάρτηση στο πεδίο της συχνότητας για το σήμα τετραγωνικού παλμού που έχει τιμή 1 από $-X/2$ έως $X/2$, και 0 αλλού.
- Παρατηρούμε σε αυτή την περίπτωση πως η $S(f)$ είναι συνεχής και καθώς μεγαλώνει το f τείνει στο 0.



Ανάλυση Fourier

- Αποσκοπεί στον προσδιορισμό των ημιτονοειδών κυματομορφών (πλάτος – συχνότητα – φάση) για την απεικόνιση του αρχικού σήματος.
- Οι τιμές αυτές προσδιορίζονται με ολοκλήρωση.
- **Φάσμα πλάτους:** Ονομάζουμε την γραφική παράσταση $S(f)$ των πλατών ως συνάρτηση των **συχνοτήτων** των επιμέρους ημιτονοειδών συναρτήσεων από τις οποίες αποτελείται ένα σήμα (πχ γραφικές παραστάσεις των δυο προηγούμενων διαφανειών).
- **Φάσμα φάσης:** Ονομάζουμε την γραφική παράσταση των πλατών των ως συνάρτηση των **φάσεων** των επιμέρους ημιτονοειδών συναρτήσεων από τις οποίες αποτελείται ένα σήμα.
- Όταν αναφερόμαστε στο φάσμα ενός σήματος ενούμε συνήθως το **φάσμα πλάτους** (είναι πιο σημαντικό – το ανθρώπινο αυτί λιγότερο ευαίσθητο στη φάση).
- Το φάσμα ενός σήματος μεταφέρει την δομή του σήματος.