

# Δίκτυα Υπολογιστών



---

## Επικοινωνίες ψηφιακών δεδομένων

### *Εισαγωγικές έννοιες*

---

Κ. Βασιλάκης

# Πληροφορική

- Στόχος:
  - Η παροχή **έγκυρης** και **έγκαιρης** πληροφόρησης προς τους χρήστες των συστημάτων της.
- Πως επιτυγχάνεται αυτός:
  - Με την **επεξεργασία** και την **μετάδοση της πληροφορίας**, η οποία καταχωρείται και αποθηκεύεται στα συστήματα της σε μορφή ψηφιακών δεδομένων (data).
- Με ποια μέσα (εργαλεία):
  - Υπολογιστικά συστήματα (καταχώριση & επεξεργασία).
  - Επικοινωνίες Ψηφιακών Δεδομένων (μετάδοση).
- Βασίζεται στην σύγχρονη ψηφιακή τεχνολογία.



# Γιατί ψηφιακά δεδομένα;

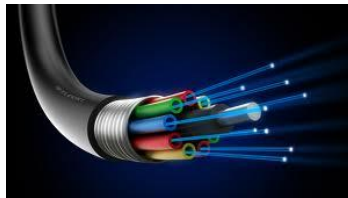
- Είναι δυνατόν να επεξεργαστούν από υπολογιστές (άρα και να κοστολογηθούν!).



- Αποθηκεύονται εύκολα και οικονομικά (άρα είναι δυνατόν να επαναληφθούν).

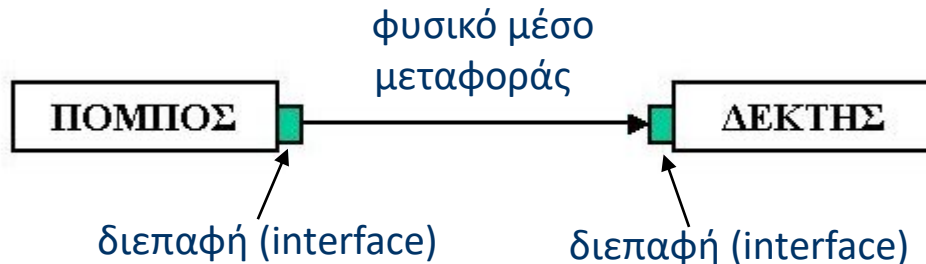


- Διακινούνται γρήγορα και με αξιοπιστία (εξαιρετικά ενδιαφέρον για την υποστήριξη διαφόρων υπηρεσιών).



# Μετάδοση Ψηφιακών Δεδομένων

- Πρόκειται για τη μεταφορά και ανταλλαγή ψηφιακών δεδομένων (data) μεταξύ δύο σημείων που υπάρχουν ψηφιακές συσκευές (υπολογιστές, περιφερειακές μονάδες υπολογιστών, συσκευές επικοινωνίας).



- Ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων: bits ανά sec, bps - kbps, Mbps, Gbps, Tbps (?).
- Γενικός τύπος ρυθμού μετάδοσης:  $\frac{1}{T} * \log_2 M$ 
  - T: η διάρκεια μετάδοσης ενός bit ( σε δευτερόλεπτα -secs) και
  - M: ο αριθμός των διαφορετικών καταστάσεων του σήματος (για το ψηφιακό σήμα έχουμε ότι M=2).



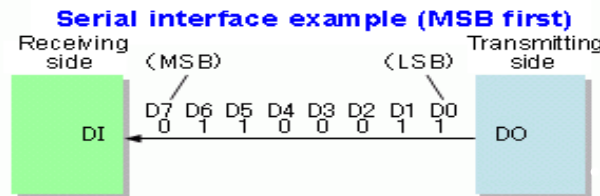
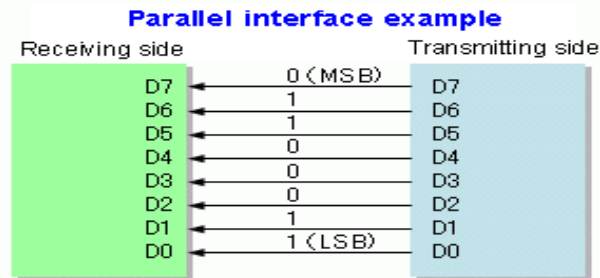
# Αναπαράσταση πληροφορίας

- Τα πάντα μέσα σ' ένα υπολογιστικό σύστημα κωδικοποιούνται με τις 2 καταστάσεις του bit (0/1):
  - οι εντολές που εκτελούνται και
  - τα δεδομένα που επεξεργαζόμαστε (κείμενο, αριθμοί, αναλογικό σήμα, εικόνες, video κλπ).
- Συνεπώς κωδικοποιήσεις που βασίζονται στο δυαδικό σύστημα συνιστούν τρόπους αναπαράστασης των δεδομένων στους υπολογιστές.
- Οι κωδικοποιήσεις λαμβάνουν υπόψη τους το είδος των δεδομένων που πρόκειται να αναπαρασταθούν.
- Αφιερώνουν συγκεκριμένο αριθμό από bits για κάθε χαρακτηριστικό των δεδομένων που πρόκειται ν' αναπαραστήσουν.



# Μορφές μετάδοσης

- Η μετάδοση των δεδομένων μπορεί να γίνει:
  - **παράλληλα** (μετάδοση πολλών bits ταυτοχρόνως π.χ 1 byte- 8 bits) ή
  - **σειριακά** (διαδοχική μεταφορά των bits).



<https://commons.wikimedia.org>

- Η σειριακή μετάδοση χαρακτηρίζεται σαν:
  - **ασύγχρονη** όταν αποστέλλονται ομαδοποιημένα (bytes) ενα-ένα τα bits και
  - **σύγχρονη** όπου τα bytes ομαδοποιούνται (σε blocks) και αποστέλλονται συνοδευόμενα από κάποιο σήμα χρονισμού (ρολόι).

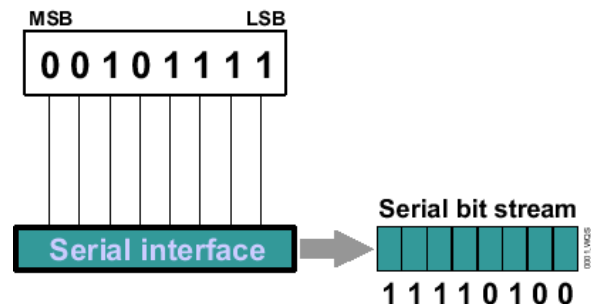


# Σειριακή μετάδοση

- Ο πιο γνωστός τρόπος σύνδεσης.
- Χρησιμοποιείται μια γραμμή (1 κανάλι) μεταφοράς δεδομένων.
- Τα bits στέλνονται το ένα μετά το άλλο. Συνήθως αποστέλλεται πρώτο το «λιγότερο σημαντικό bit» (LSB – Least Significant Bit).
- Βρίσκει εφαρμογές σε κοντινές και σε μακρινές αποστάσεις.
- Οικονομικός τρόπος μετάδοσης, που υλοποιείται εύκολα.
- Το πιο παλιό interface: **V.24** (RS-232, π.χ. modem)
- Άλλα γνωστά:
  - Universal Serial Bus (USB),
  - Ethernet,
  - SONET and SDH (optical fibers).

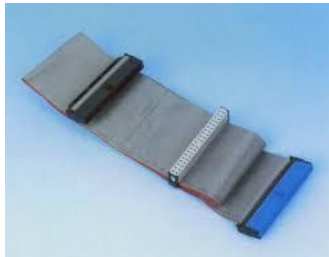
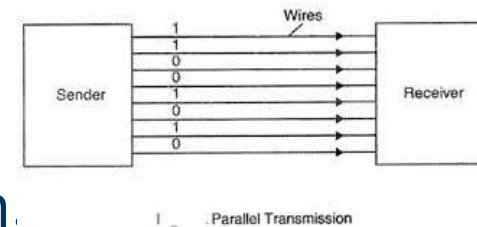


Serial interfaces—one bit at a time



# Παράλληλη μετάδοση

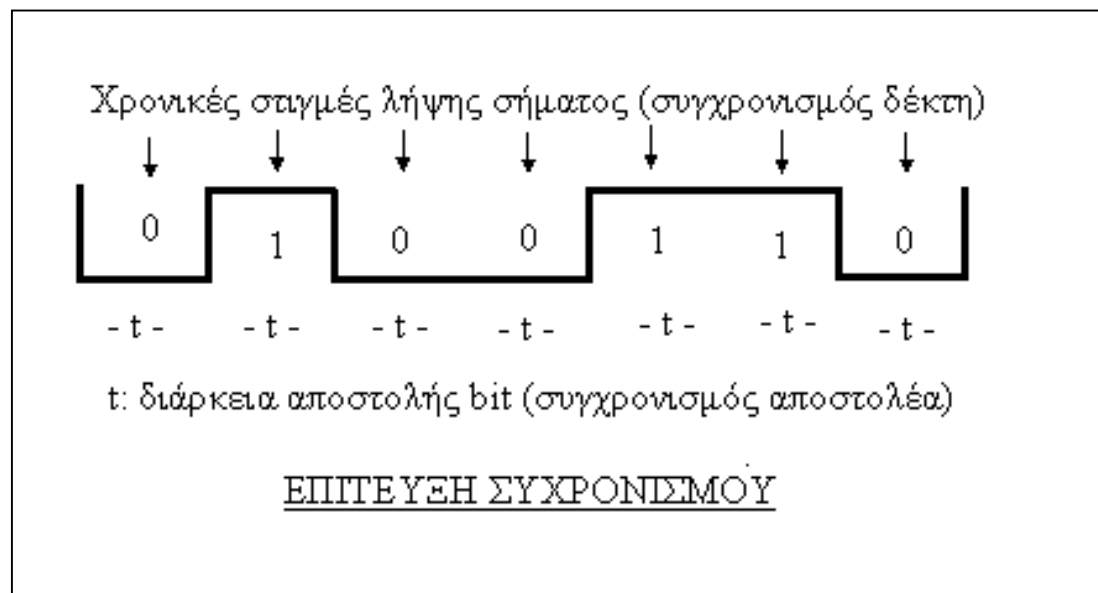
- Τα bits στέλνονται ταυτόχρονα.
- Χρήση πολλών γραμμών (καναλιών) μετάδοσης δεδομένων.  
Για παράδειγμα, χρήση 8 καναλιών για την μετάδοση ενός χαρακτήρα (1 Byte = 8 bits).
- Ταχύτερος τρόπος μετάδοσης.
- Ακριβότερος και πιο πολύπλοκος στην υλοποίηση.
- Βρίσκει εφαρμογές σε κοντινές κυρίως αποστάσεις.
- Πιο παλιό interface: **Centronics** (εκτυπωτές).
- Γνωστά κανάλια (buses) περιφερειακών υπολογιστή όπως: ISA, ATA, SCSI, PCI και IEEE-488.





# Συγχρονισμός - 1

- Ο δέκτης για μπορεί να «συλλαμβάνει» ένα αφικνούμενο bit θα πρέπει να γνωρίζει τις ακριβείς χρονικές στιγμές άφιξης ενός bit και τη χρονική περίοδο που διαρκεί το σήμα του.
- Συνεπώς ο πομπός θα πρέπει να στέλνει τα σήματα των bits σε αυστηρά προσδιορισμένες χρονικές στιγμές και η διάρκεια του σήματος θα πρέπει να είναι συγκεκριμένη.
- Όταν ισχύουν τα παραπάνω τότε έχουμε **συγχρονισμό** μεταξύ πομπού και δέκτη.

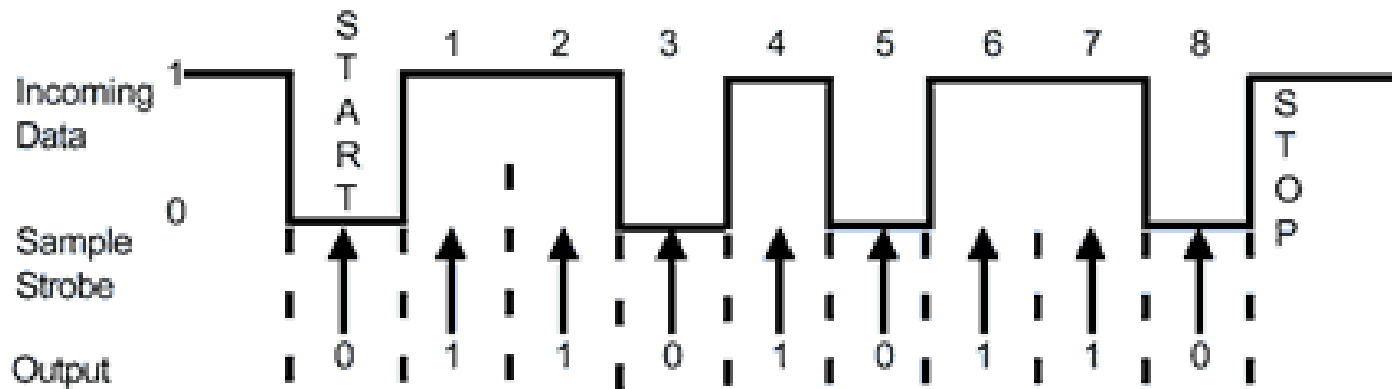


## Συγχρονισμός - 2

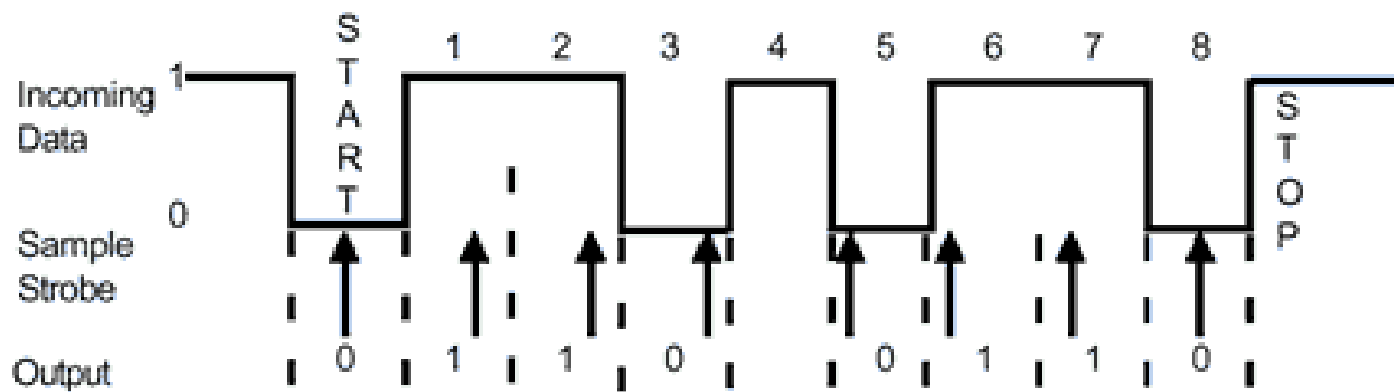
- Συγχρονισμός επιτυγχάνεται όταν ο ρυθμός δειγματοληψίας του δέκτη (χρονικές στιγμές σύλληψης του σήματος) πρέπει να είναι ο ίδιος με το ρυθμό μετάδοσης των bits.
  - Στόχος είναι να μη χαθεί ή να επιλεχθεί 2 φορές κάποιο bit.
- Κατάλληλα κυκλώματα συγχρονισμού, από την πλευρά του πομπού και του δέκτη, φροντίζουν για τους ρυθμούς μετάδοσης και δειγματοληψίας των bits.
- Όμως επειδή πρόκειται για διαφορετικά κυκλώματα, συνήθως παρουσιάζονται διάφορα προβλήματα συγχρονισμού (οι κρύσταλλοι των κυκλωμάτων συγχρονισμού δεν είναι δυνατόν να συντονιστούν πλήρως).
- Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον αποσυγχρονισμό της επικοινωνίας και να απαιτείται περιοδική συντήρηση του συγχρονισμού.
  - Για αυτόν τον λόγο υπάρχουν διάφορες τεχνικές για την συντήρηση του συγχρονισμού μεταξύ πομπού και δέκτη.



## Συγχρονισμός - 3



a. Best case, receiver samples at midpoint of each bit.



b. Receiving clock is too slow, causing bit 4 to be skipped and the data to be corrupted.

**Ideal and corrupted asynchronous data sampling**



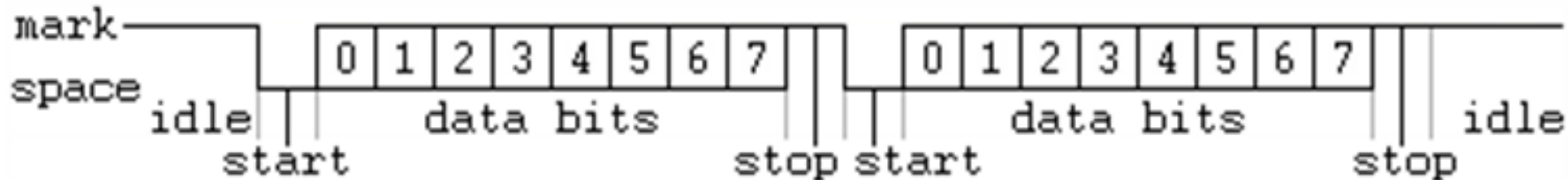
# Ασύγχρονη σειριακή μετάδοση - 1

- Τα bits των δεδομένων στέλνονται ομαδοποιημένα σε λίγα bits (συνήθως ανά ένα byte -1 χαρακτήρας).
- Υπάρχει κάποιο χρονικό διάστημα (idle time) το οποίο δίνει την δυνατότητα στον δέκτη να διακρίνει το ένα block των bits από το άλλο. Αυτό το χρονικό διάστημα δεν είναι σταθερό.
- Πριν από κάθε block δεδομένων, αποστέλλεται κάποιο ειδικό bit (**start bit** με τιμή 0) που ενεργοποιεί τα κυκλώματα χρονισμού του δέκτη που αντιλαμβάνεται ότι θα ακολουθήσει αποστολή κάποιου block από bits και ετοιμάζεται να το διαβάσει (συγχρονισμός).
- Μετά την μετάδοση κάθε block δεδομένων ακολουθεί επίσης ένα τουλάχιστον ειδικό bit (**stop bit** που έχει την τιμή 1) σαν ένδειξη ότι ολοκληρώθηκε η μετάδοση (αποσυγχρονισμός).



## Ασύγχρονη σειριακή μετάδοση - 2

- Το σήμα που υπάρχει στην γραμμή σύνδεσης μέχρι να ξεκινήσει η αποστολή του επόμενου block (*idle time*) είναι το ίδιο με το αυτό των stop bits (κατάσταση idle / 1).



- Ο αριθμός των bits ανά block και ο τρόπος ελέγχου είναι προσυμφωνημένα, πριν ξεκινήσει η σύνδεση των δύο μερών.
- Πλεονέκτημα της ασύγχρονης επικοινωνίας είναι η φτηνή και εύκολη υλοποίηση της.
- Μειονέκτημα της είναι ότι δεν εκμεταλλεύεται αποδοτικά το κανάλι επικοινωνίας (τουλάχιστον 20% απώλειες: στα 8 bits απαιτούνται ακόμα 2 τουλάχιστον bits - 1 start bit και 1 stop bit).



# Σύγχρονη σειριακή μετάδοση - 1

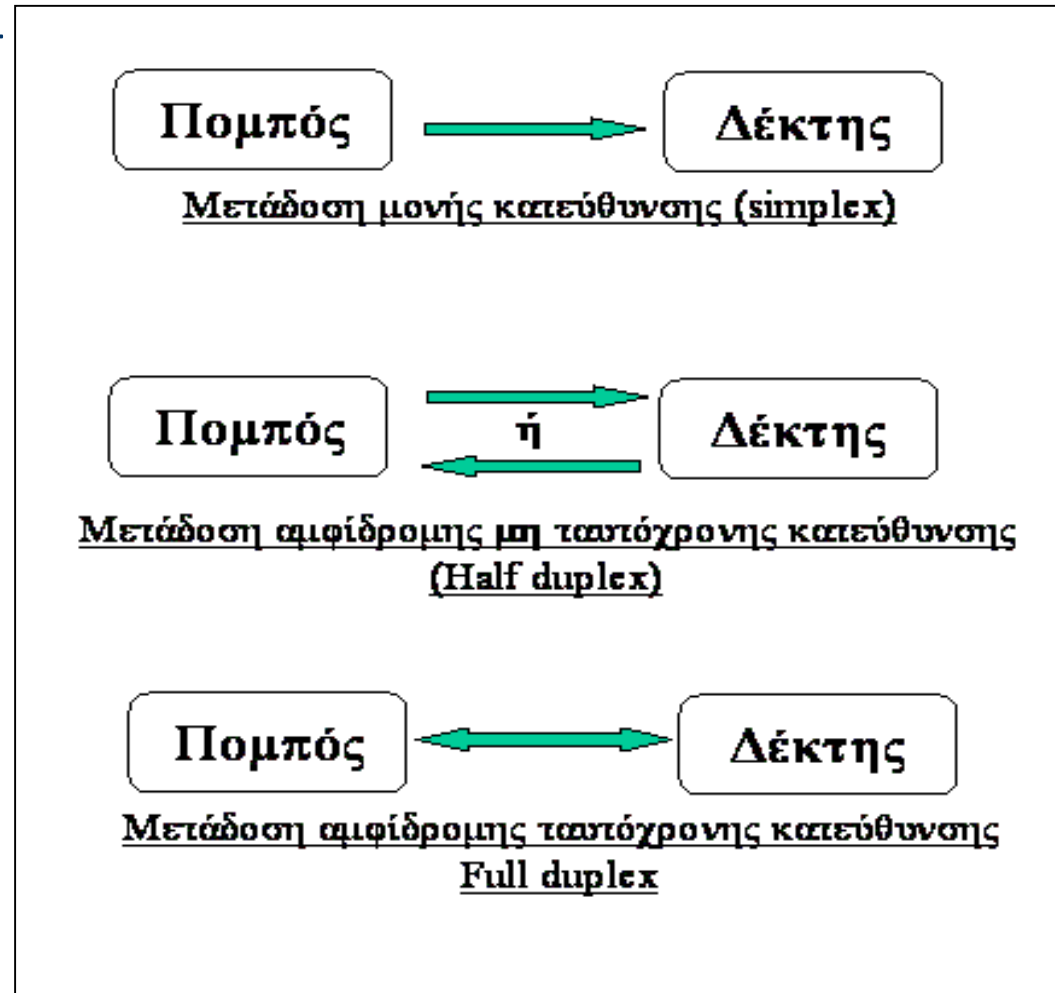
- Εδώ ομαδοποιούνται τα bytes (χαρακτήρες) - *προσοχή στην ασύγχρονη έχουμε ομαδοποίηση των bits.*
- Η μετάδοση των bits συνοδεύεται πάντα από ένα σήμα χρονισμού (clock) που δημιουργείται από κατάλληλα κυκλώματα στο πομπό και έχει συχνότητα ίση με τον ρυθμό μετάδοσης.
- Πριν ξεκινήσει η αποστολή ενός block χαρακτήρων, στέλνονται ειδικοί χαρακτήρες συγχρονισμού (**SYN**, που συνήθως είναι ο χαρακτήρας **00010110 – 16h**).
- Για να αποφύγουμε σφάλματα στην αναγνώριση του χαρακτήρα συγχρονισμού συνήθως στέλνονται 2 SYN χαρακτήρες.
- Στο τέλος του block, όταν έχουμε ομαδοποίηση bytes (byte oriented), προστίθεται ο ειδικός χαρακτήρας αποσυγχρονισμού (**PAD: 11111111 - Ffh**).
- Ο δέκτης όταν αντιληφθεί αυτόν τον χαρακτήρα, αποσυγχρονίζεται και περιμένει το επόμενο SYN για να συγχρονιστεί ξανά.





# Τρόποι επικοινωνίας (ως προς την κατεύθυνση)

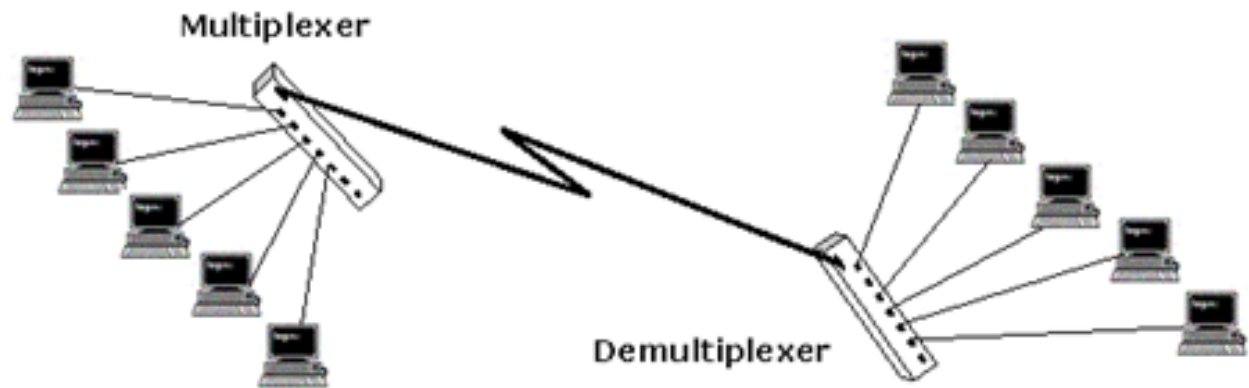
- **μονής κατεύθυνσης** (simplex - ένας μόνο στέλνει ο άλλος μόνο παίρνει)
- **αμφίδρομη-μη ταυτόχρονη** (half duplex - όταν στέλνει ο ένας, ο άλλος λαμβάνει χωρίς να μπορεί να στείλει ταυτόχρονα)
- **αμφίδρομη-ταυτόχρονη** (full duplex - τα δεδομένα στέλνονται και λαμβάνονται ταυτόχρονα και από τα δύο σημεία)





# Τεχνικές μετάδοσης – Πολυπλεξία (multiplexing)

- Η ταυτόχρονη επικοινωνία πολλών κόμβων μέσα από μια ζεύξη (link – γραμμή σύνδεσης).
- Η τεχνική της πολυπλεξίας είναι μια διαδικασία κατά την οποία σήματα που προέρχονται από περισσότερες από μια πηγές (πομπούς) μεταδίδονται μέσα από ένα μόνο κανάλι επικοινωνίας.
- Πρόκειται για βασική τεχνική που χρησιμοποιείται για τη από κοινού εκμετάλλευση μιας σύνδεσης.



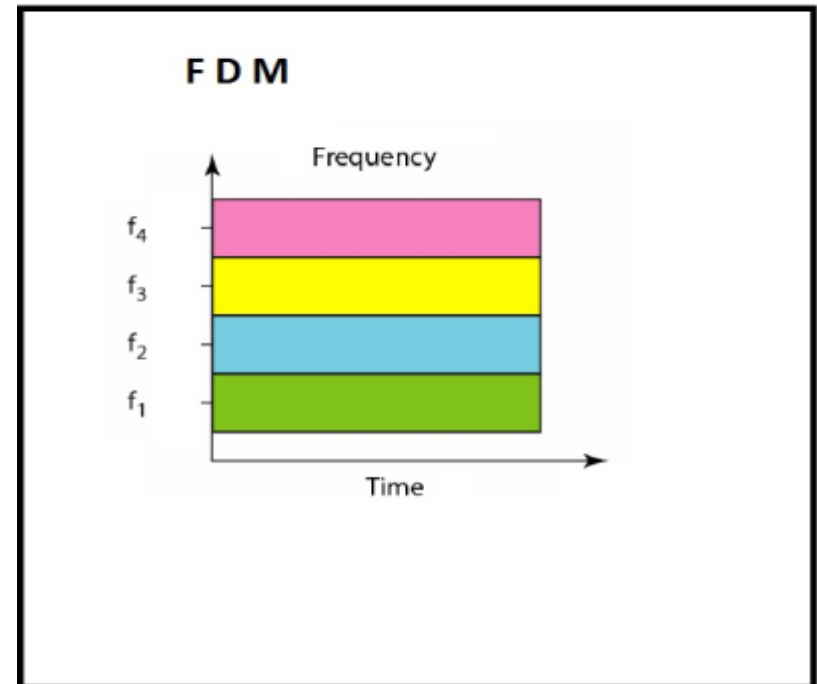
# Πολυπλεξία (multiplexing)

- Επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ειδικών συσκευών:
  - **πολυπλέκτης** – multiplexer: συσκευή που συνθέτει (πολυπλέκει) πολλά σήματα από διάφορες πηγές και τα μεταδίδει ως ένα σήμα,
  - **αποπολυπλέκτης** – demultiplexer: αναλύει (αποπλέκει) ένα εισερχόμενο σύνθετο σήμα σε επί μέρους σήματα που διανέμει στους αντίστοιχους δέκτες.
- Με ποιούς τρόπους;
  - **Διαίρεση συχνότητας** (διαφορετική συχνότητα σε κάθε σήμα) ή κύματος αν πρόκειται για οπτικές ίνες.
  - **Επιμερισμό χρόνου** (διακριτά χρονικά διαστήματα σε κάθε σήμα).
- Τα πλεονεκτήματα:
  - η μείωση του κόστους και
  - η αποδοτικότερη εκμετάλλευση της γραμμής σύνδεσης (ιδιαίτερα αν είναι πολύ γρήγορη).

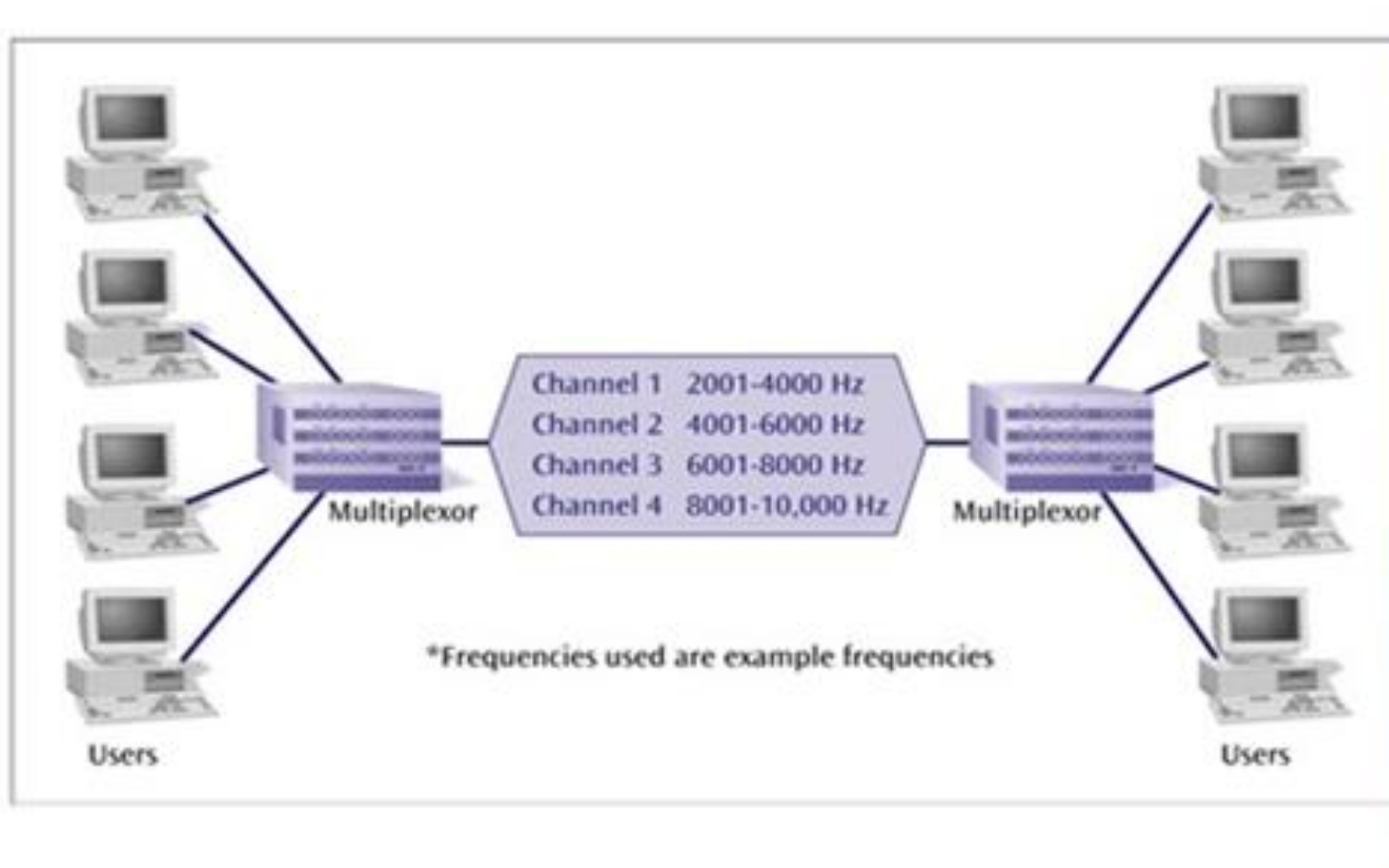


# Πολυπλεξία με διαίρεση συχνότητας

- **Frequency Division Multiplexing** – FDM
- Το εύρος ζώνης συχνοτήτων του καναλιού χωρίζεται σε επιμέρους συχνότητες, κάθε μια από τις οποίες αφιερώνεται σε κάποια ξεχωριστή σύνδεση.
- Τα σήματα των διαφόρων συνδέσεων, αφού υποστούν κατάλληλη επεξεργασία (διαμόρφωση), χρησιμοποιούν το καθένα τους διαφορετικό εύρος συχνοτήτων και μπορούν να κυκλοφορούν ταυτόχρονα.
- Χρησιμοποιείται κυρίως για την μετάδοση αναλογικών σημάτων.

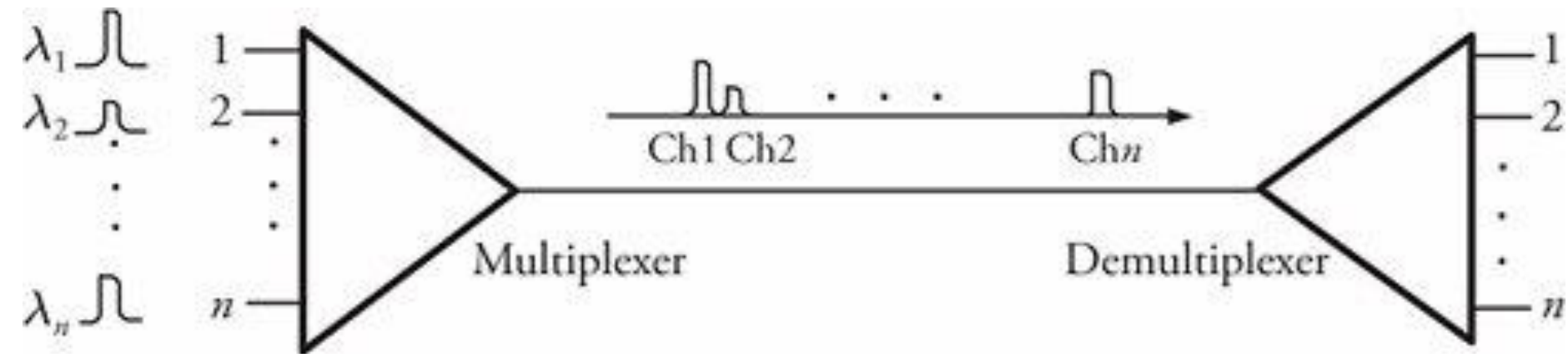


# Παράδειγμα πολυπλεξίας με διαίρεση συχνότητας



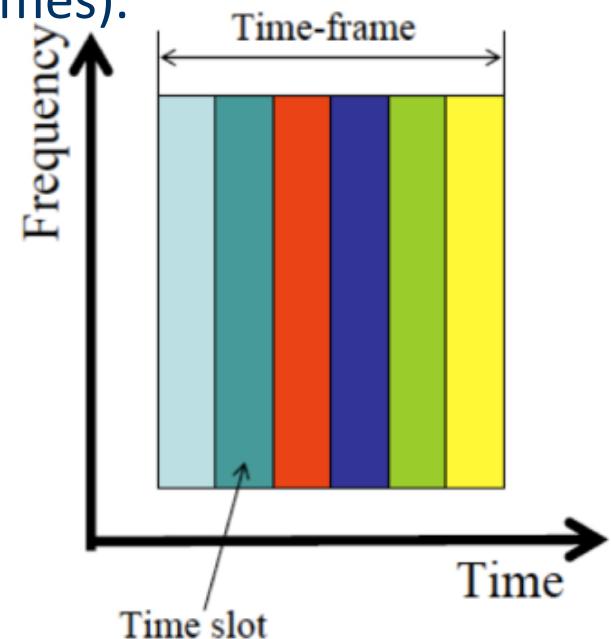
# Πολυπλεξία με διαίρεση μήκους κύματος

- *Wavelength Division Multiplexing* - WDM
- Δουλεύει με τον ίδιο τρόπο όπως η διαίρεση συχνότητας
- Χρησιμοποιείται στα δίκτυα οπτικών ινών



# Πολυπλεξία με επιμερισμό χρόνου

- **Time Division Multiplexing** – TDM
- Η εξυπηρέτηση των διαφόρων συνδέσεων υλοποιείται αφιερώνοντας, στη κεντρική σύνδεση, μικρά χρονικά διαστήματα σε κάθε σήμα επιμέρους σύνδεσης.
- Ο χρόνος χρήσης της κεντρικής σύνδεσης επιμερίζεται σε ίσα χρονικά διαστήματα (**χρονοπλαίσια** - time frames).
- Κάθε χρονοπλαίσιο επιμερίζεται περαιτέρω σε μικρότερα χρονικά διαστήματα (**χρονοθυρίδες** – time slots). Ένα για κάθε επιμέρους σήμα.
- Με αυτό τον τρόπο το σήμα κάθε σύνδεσης χρησιμοποιεί την δική της προκαθορισμένη χρονοθυρίδα σε κάθε επαναλαμβανόμενο χρονοπλαίσιο.

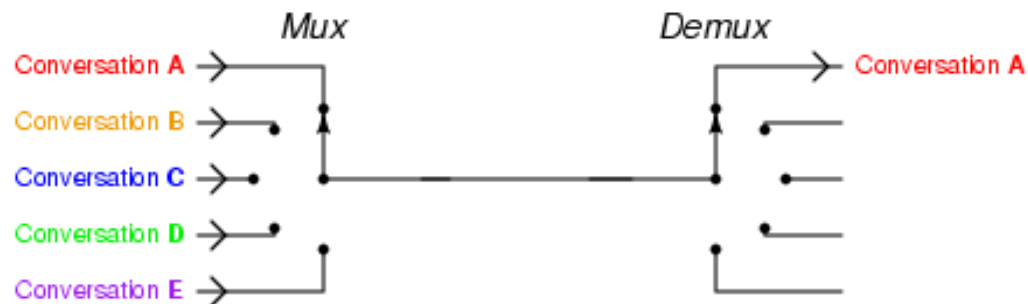
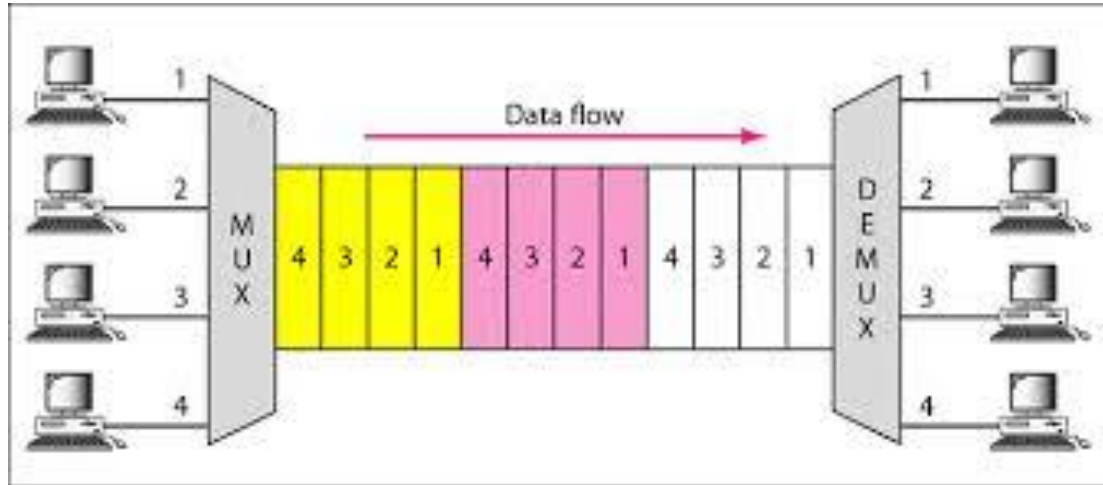


# Χαρακτηριστικά της πολυπλεξίας με διαίρεση χρόνου

- Είναι προκαθορισμένα (δεν αλλάζουν δυναμικά):
  - η διάρκεια ενός χρονοπλαισίου,
  - το πλήθος των χρονοθυρίδων σε ένα χρονοπλαίσιο και
  - η διάρκεια μιας χρονοθυρίδας.
- Η διάρκεια ενός χρονοπλαισίου προσδιορίζει πόσο συχνά μια σύνδεση μπορεί να χρησιμοποιήσει τη κεντρική σύνδεση.
- Το πλήθος των χρονοθυρίδων σε ένα χρονοπλαίσιο καθορίζει το μέγιστο αριθμό συνδέσεων που μπορούν να εξυπηρετηθούν.
- Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων κάθε σύνδεσης εξαρτάται από τη διάρκεια της χρονοθυρίδας και τη διάρκεια του χρονοπλαισίου.
- Χρησιμοποιείται κυρίως για την μετάδοση ψηφιακών σημάτων.



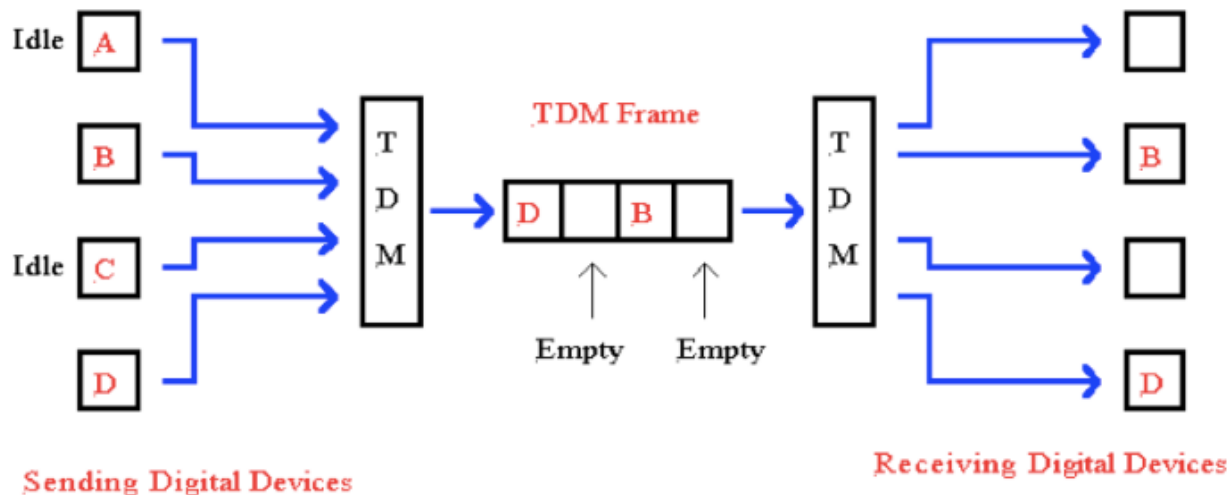
# Παράδειγμα πολυπλεξίας με επιμερισμό χρόνου





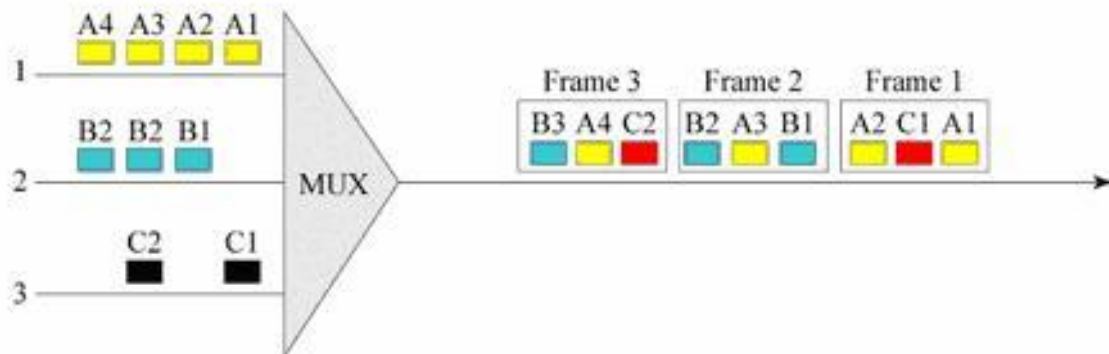
# Η πολυπλεξία με διαίρεση χρόνου δεν είναι ευέλικτη

- Ένα σημαντικό πρόβλημα στην απλή πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου είναι ότι συχνά ορισμένες συνδέσεις παραμένουν ανενεργές (δεν υπάρχει κυκλοφορία δεδομένων).
- Αυτό σημαίνει ότι δεσμεύονται χρονοθυρίδες που όμως δεν χρησιμοποιούνται με αποτέλεσμα να μην γίνεται αποδοτική εκμετάλλευση της κεντρικής σύνδεσης.



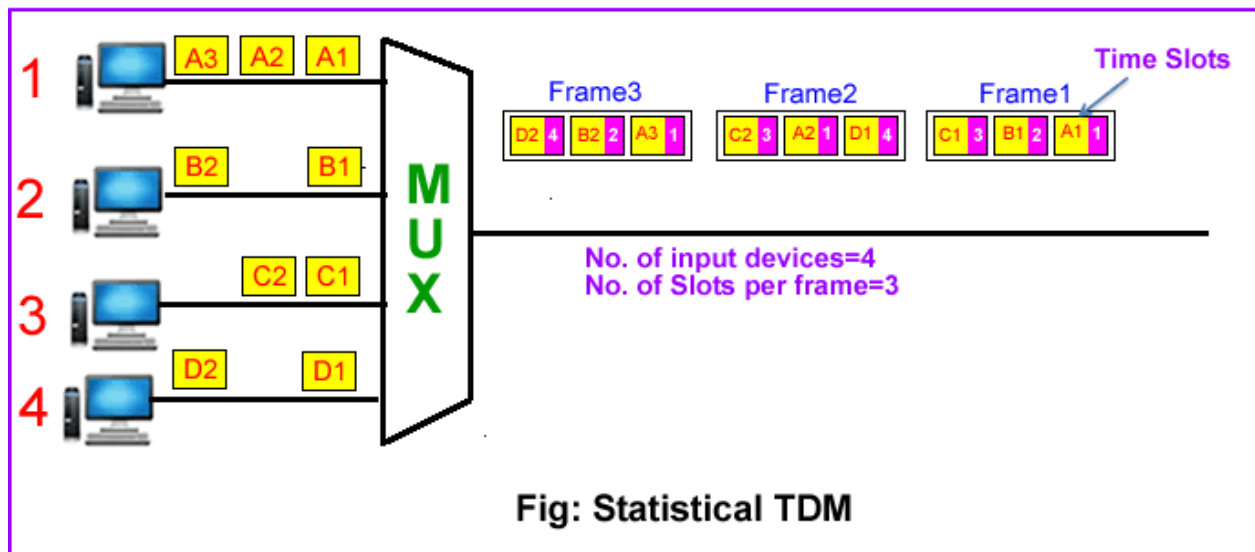
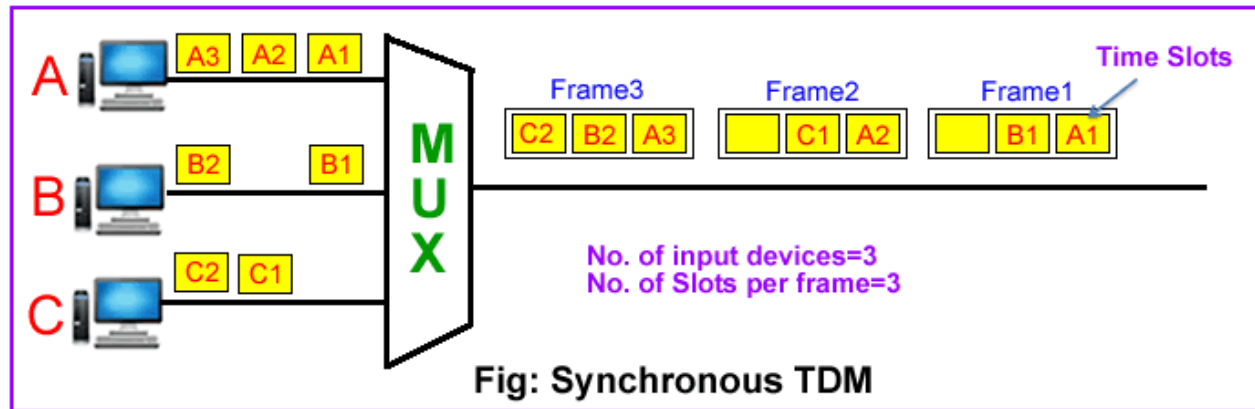
# Στατιστική πολυπλεξία με διαίρεση χρόνου

- Το πρόβλημα αυτό λύνεται με τη στατιστική πολυπλεξία, όπου η ανάθεση των σημάτων σε χρονοθυρίδες γίνεται κατ' απαίτηση, εφαρμόζοντας κάποια πολιτική εξυπηρέτησης (δυναμικά).
- Τα δεδομένα κάθε σύνδεσης δεν αποστέλλονται άμεσα, αλλά αποθηκεύονται προσωρινά (ενταμίευση) μέχρι να βρεθεί ελεύθερη χρονοθυρίδα.
- Απαιτείται κατά την μετάδοση να μεταφέρονται και πληροφορίες, είτε για την διεύθυνση του παραλήπτη, είτε για τη σήμανση (ετικέτα) της επί μέρους σύνδεσης.
- Σε μεγάλη κυκλοφορία μπορεί να συμβεί υπερχείλιση ενταμιευτών (buffers).



# Άλλο ένα χαρακτηριστικό της στατιστικής πολυπλεξίας

- Με λιγότερες χρονοθυρίδες εξυπηρετούνται περισσότερες συνδέσεις



# Τεχνικές μετάδοσης - Διαμόρφωση

- Συχνά το μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιούμε για να μεταφέρουμε κάποιο σήμα, για διάφορους λόγους δεν μας επιτρέπει την αυτούσια διέλευση αυτού του σήματος (δηλαδή χάνονται τα χαρακτηριστικά τους).
- Τότε απαιτείται μία ιδιαίτερη επεξεργασία του σήματος (πχ για μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στο θόρυβο), η οποία αλλάζει το σήμα χωρίς όμως να χαθούν τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά.
- Αυτή η μετατροπή των σημάτων και η αναπαράστασή τους σε άλλες μορφές ονομάζεται διαμόρφωση (**modulation**).
- Η αντίστροφη διαδικασία ονομάζεται αποδιαμόρφωση (**demodulation**). Υλοποιείται στον δέκτη, ο οποίος θα λάβει το διαμορφωμένο σήμα.
- Οι διαδικασίες της διαμόρφωσης και της αποδιαμόρφωσης του σήματος, πραγματοποιούνται με τη βοήθεια μιας ειδικών διατάξεων (διαμορφωτής – αποδιαμορφωτής, modulator – demodulator).
- Συχνά, αυτές οι διαδικασίες υλοποιούνται από μια μόνο συσκευή (modem).



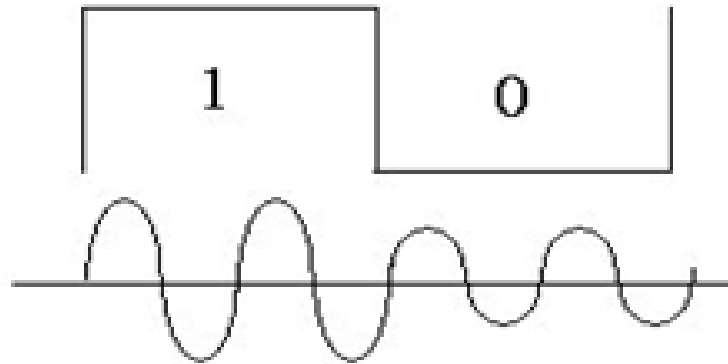
# Διαμόρφωση: πως, πλεονεκτήματα

- Η διαμόρφωση πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός σήματος (φέρων σήμα - carrier signal) και το οποίο τροποποιείται με βάση τα χαρακτηριστικά του σήματος πληροφορίας που πρόκειται να μεταφέρει.
- Η διαμόρφωση του φέροντος σήματος, χαρακτηρίζεται από τη μεταβολή κάποιου χαρακτηριστικού της φέρουσας κυματομορφής, όπως το πλάτος της, η συχνότητα της, ή η φάση της.
- Πλεονεκτήματα:
  - ευκολότερη μετάδοση καθώς αντιμετωπίζονται οι περιορισμοί των μέσων μετάδοσης,
  - περιορισμός θορύβου και παρεμβολών,
  - μετάδοση σε πολλές συχνότητες ταυτόχρονα (πολυπλεξία).00



# Διαμόρφωση πλάτους (AM)

- Η τεχνική αυτή αλλάζει το πλάτος (**AM** - Amplitude Modulation) ενός ημιτονοειδούς αναλογικού φορέα, ως προς τις διακριτές τιμές 1 και 0.
- Δηλαδή, δέκτης αντιλαμβάνεται τις αλλαγές στις τιμές των bits εξετάζοντας τις μεταβολές στο πλάτος του φορέα.
- Πρόκειται για πολύ απλή τεχνική, που όμως έχει το μειονέκτημα ότι επηρεάζεται σημαντικά από θορύβους ιδιαίτερα σε υψηλές ταχύτητες.
- Η ψηφιακή διαμόρφωση σήματος ονομάζεται **ASK** (Amplitude Shift Key).

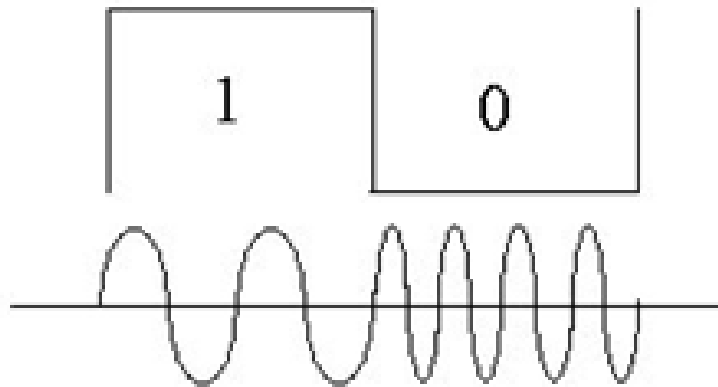


Διαμόρφωση πλάτους



# Διαμόρφωση συχνότητας (FM)

- Με αυτή την διαμόρφωση, η συχνότητα (**FM** - Frequency Modulation) του φέροντος αναλογικού σήματος αλλάζει σύμφωνα με τις τιμές των bits των ψηφιακών δεδομένων.
- Ο πομπός στέλνει δύο διαφορετικές συχνότητες, ανάλογα με τις διακριτές τιμές 1 και 0 (δείτε το σχήμα) κάθε bit.
- Γνωστές ψηφιακές διαμορφώσεις συχνότητας είναι οι **FSK** (Frequency Shift Key) και **CPFSK** (Continues Phase Frequency Shift Key).

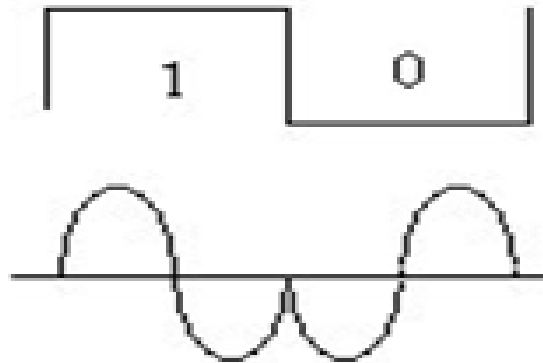


Διαμόρφωση συχνότητας



# Διαμόρφωση Φάσης (PM)

- Στην διαμόρφωση συχνότητας (Phase Modulation) οι τιμές του 0 και του 1, γίνονται αντιληπτές από την διαφορά φάσης των σημάτων (γίνεται μετατόπιση της φάσης του σήματος).
- Η ψηφιακή διαμόρφωση συχνότητας, ονομάζεται **PSK** (Phase Shift Key) και γνωστές παραλλαγές της είναι η BPSK (Binary Phase Shift Key), QPSK (Qaud Phase Shift Key), DPSK (Differential Phase Shift Key), 8PSK, QAD (Quadrature Amplitude Modulation – συνδυασμός DPSK και ASK και TCP (Trellis Code Modulation) που προέρχεται από την QAD.



Διαμόρφωση φάσης





