

Δίκτυα Υπολογιστών



Επικοινωνίες ψηφιακών δεδομένων

Εισαγωγικές έννοιες

Κ. Βασιλάκης

Πληροφορική

- Στόχος:
 - Η παροχή **έγκυρης** και **έγκαιρης** πληροφόρησης προς τους χρήστες των συστημάτων της.
- Πώς 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;

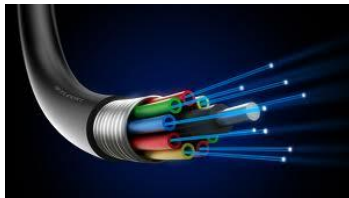
- Είναι δυνατόν να επεξεργαστούν από υπολογιστές (άρα και να κοστολογηθούν!).



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

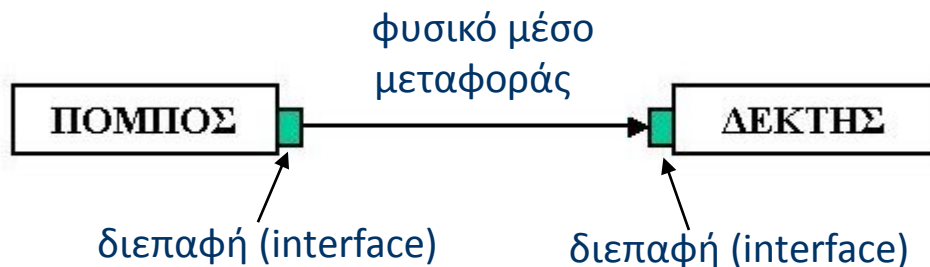


- Διακινούνται γρήγορα και με αξιοπιστία (εξαιρετικά ενδιαφέρον για την υποστήριξη διαφόρων υπηρεσιών).



Επικοινωνίες Ψηφιακών Δεδομένων

- Η 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 ενός bit (sec) και
 - M: ο αριθμός των διαφορετικών καταστάσεων του σήματος (για ψηφιακό σήμα έχουμε ότι M=2)



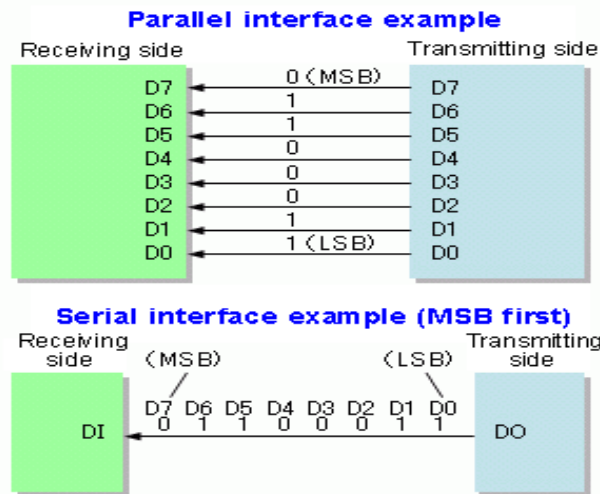
Αναπαράσταση πληροφορίας

- Τα πάντα μέσα σ' ένα υπολογιστικό σύστημα κωδικοποιούνται με τις 2 καταστάσεις του bit (0/1):
 - οι εντολές που εκτελούνται και
 - τα δεδομένα που επεξεργάζονται (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 ταυτόχρονα π.χ 1 byte- 8 bits) ή
 - **σειριακά** (διαδοχική μεταφορά των bits).

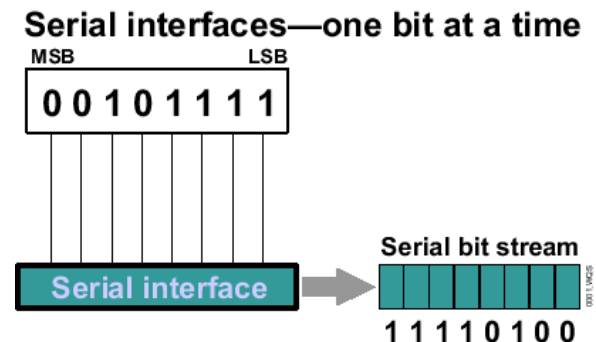


- Η σειριακή μετάδοση χαρακτηρίζεται σαν:
 - **ασύγχρονη** όταν αποστέλλονται ένα-ένα τα bytes και
 - **σύγχρονη** όπου τα bits ομαδοποιούνται (σε blocks) και αποστέλλονται συνοδευόμενα από κάποιο σήμα χρονισμού (ρολόι).



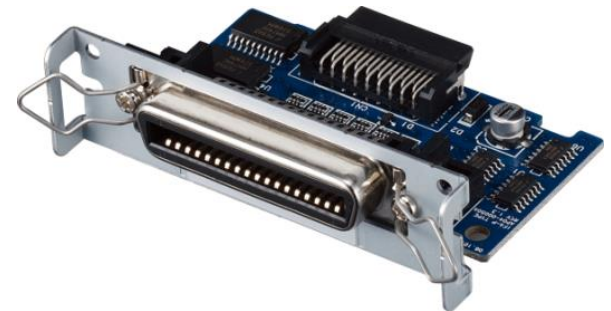
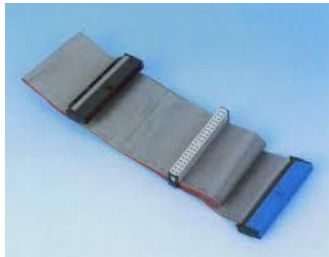
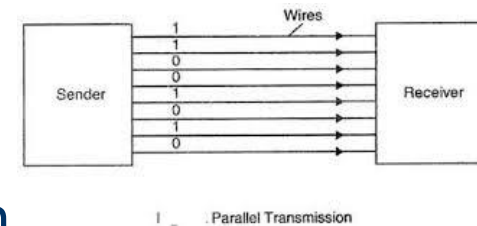
Σειριακή μετάδοση

- 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)



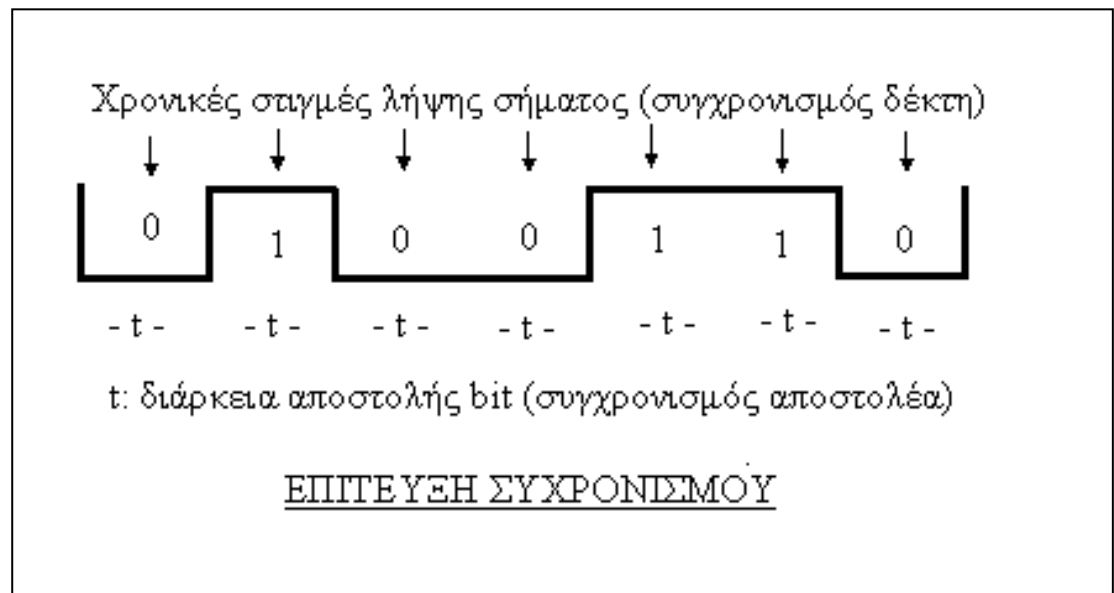
Παράλληλη μετάδοση

- 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 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.

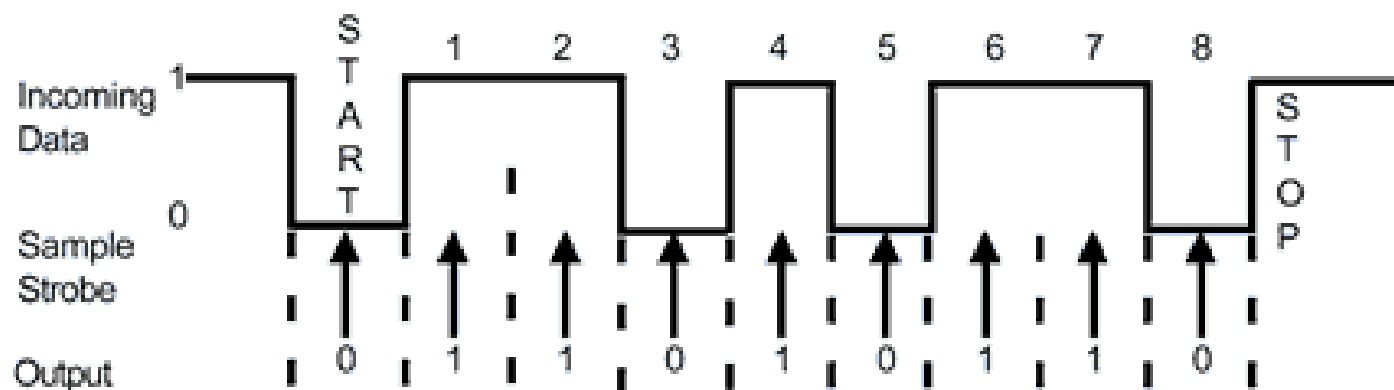


Συγχρονισμός - 2

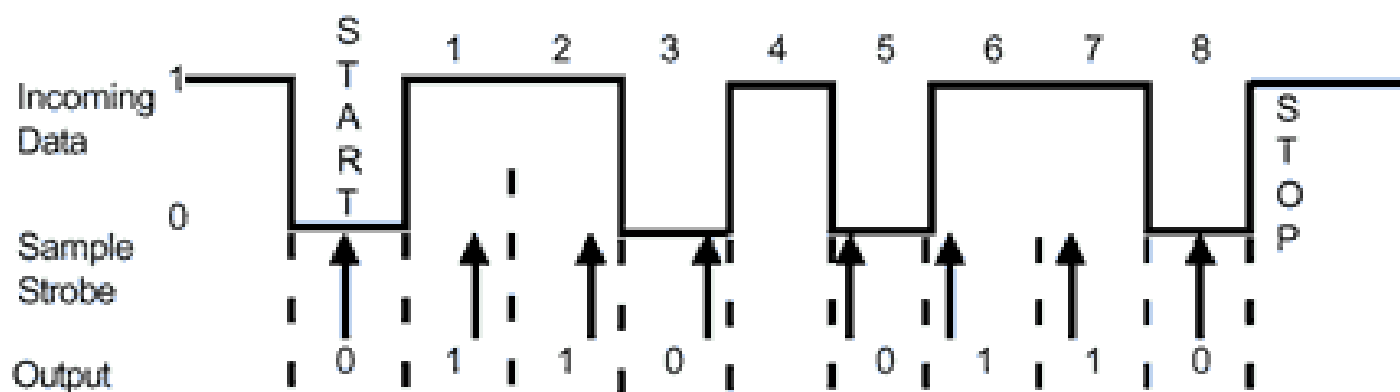
- Συγχρονισμός επιτυγχάνεται όταν ο ρυθμός δειγματοληψίας του δέκτη (χρονικές στιγμές σύλληψης του σήματος) πρέπει να είναι ο ίδιος με το ρυθμό μετάδοσης των bits.
- Στόχος είναι να μη χαθεί ή συλληφθεί 2 φορές κάποιο bit.
- Κατάλληλα κυκλώματα συγχρονισμού, από την πλευρά του πομπού και του δέκτη, φροντίζουν για τους ρυθμούς μετάδοσης και δειγματοληψίας των bits.
- Όμως επειδή πρόκειται για διαφορετικά κυκλώματα, συνήθως παρουσιάζονται διάφορα προβλήματα συγχρονισμό (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



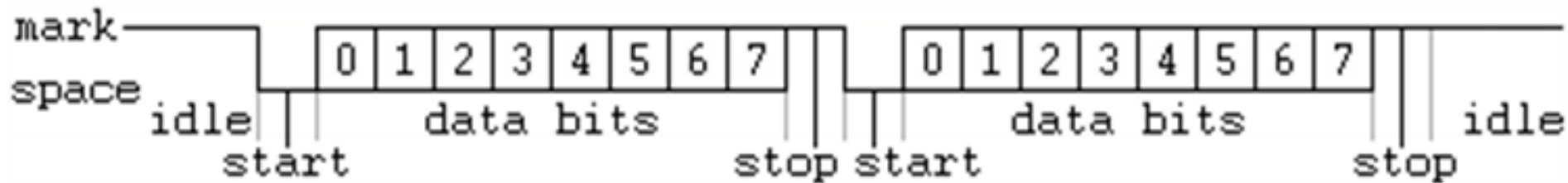
Ασύγχρονη σειριακή μετάδοση - 1

- 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.
- Πριν από κάθε block δεδομένων, αποστέλλεται κάποιο ειδικό bit (**start bit** με τιμή 0) που ενεργοποιεί τα κυκλώματα χρονισμού του δέκτη και με το οποίο καταλαβαίνει ο δέκτης 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. Ένα start bit και 1 stop bit).



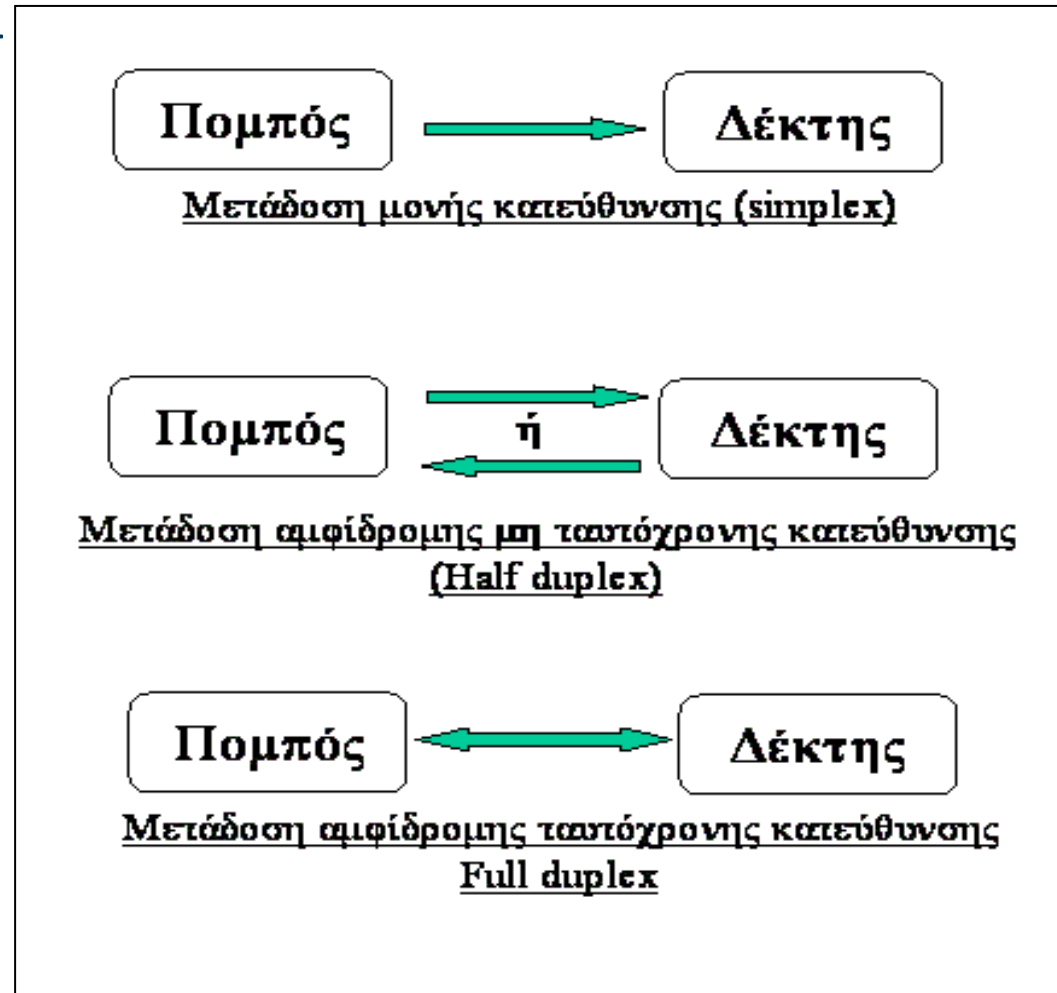
Σύγχρονη σειριακή μετάδοση - 1

- 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 χαρακτήρων, 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.



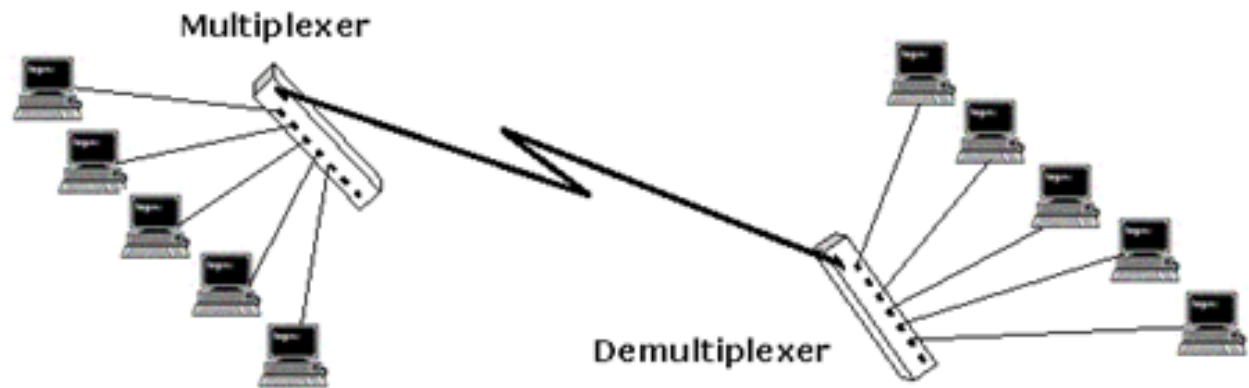
Τρόποι επικοινωνία (ως προς την κατεύθυνση)

- **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 μία 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.



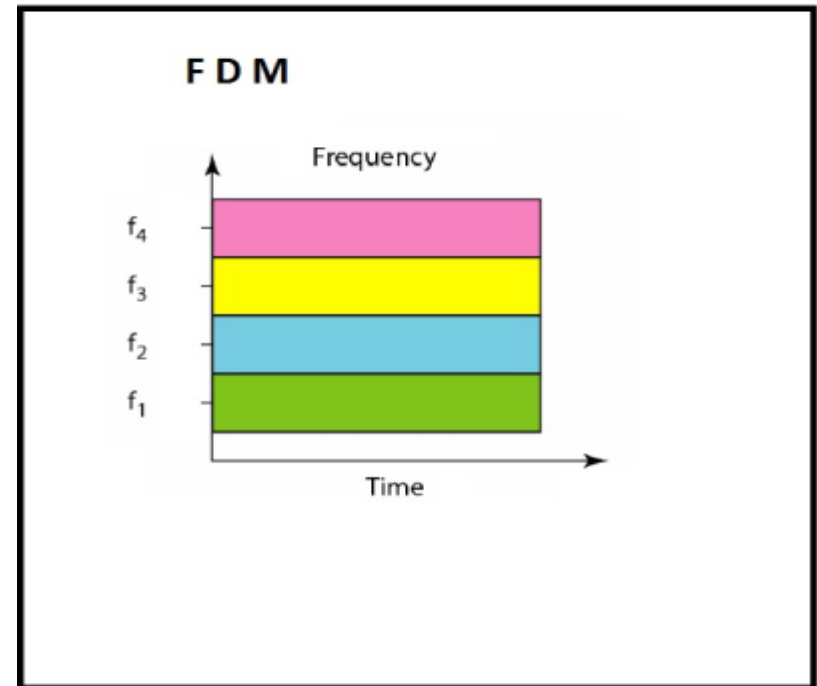
Πολυπλεξία (multiplexing)

- 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).

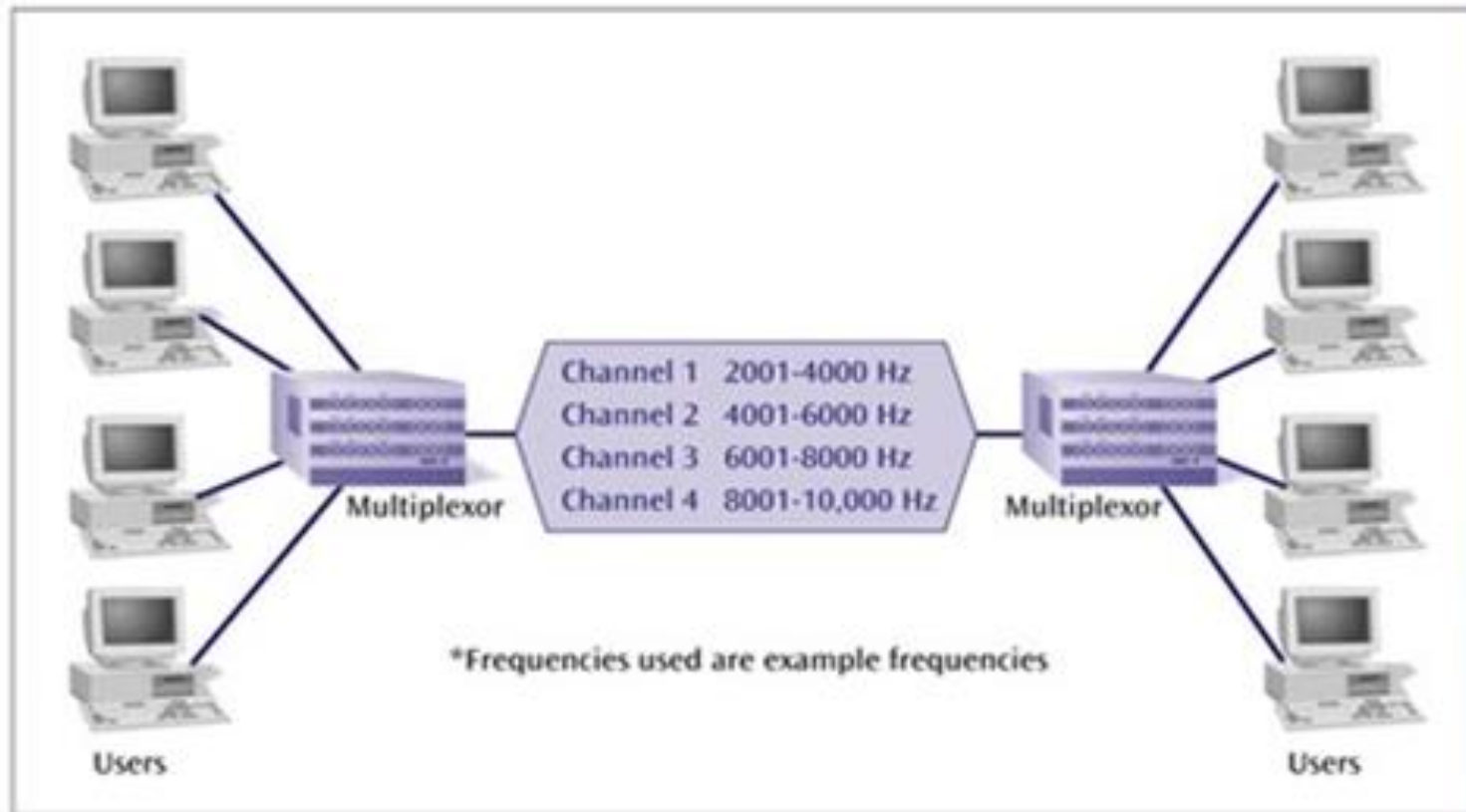


Πολυπλεξία με διαίρεση συχνότητας

- ***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), χρησιμοποιεί το κάθε ένα διαφορετικό εύρος συχνοτήτων και μπορούν να κυκλοφορούν ταυτόχρονα.
- Χρησιμοποιείται κυρίως για την μετάδοση αναλογικών σημάτων.

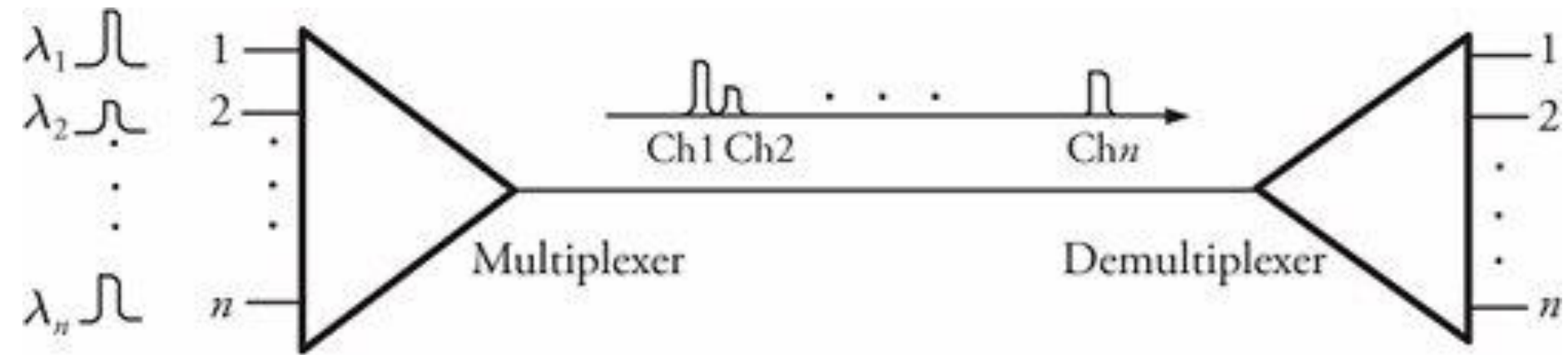


Παράδειγμα πολυπλεξίας με διαίρεση συχνότητας



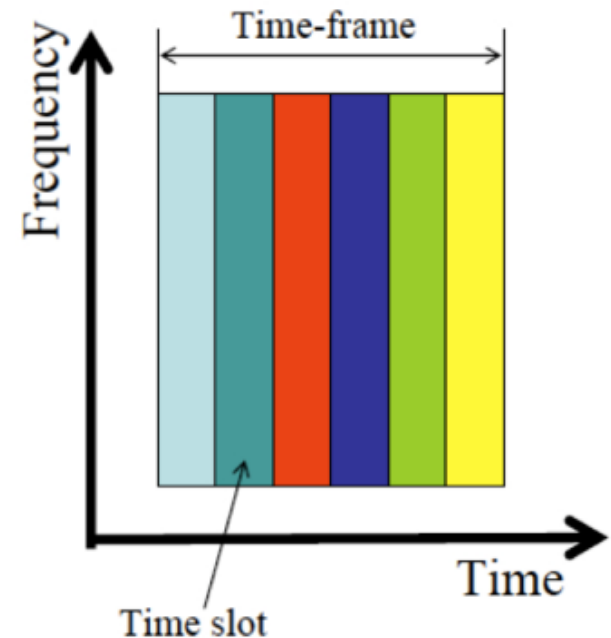
Πολυπλεξία με διαίρεση μήκους κύματος

- **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.

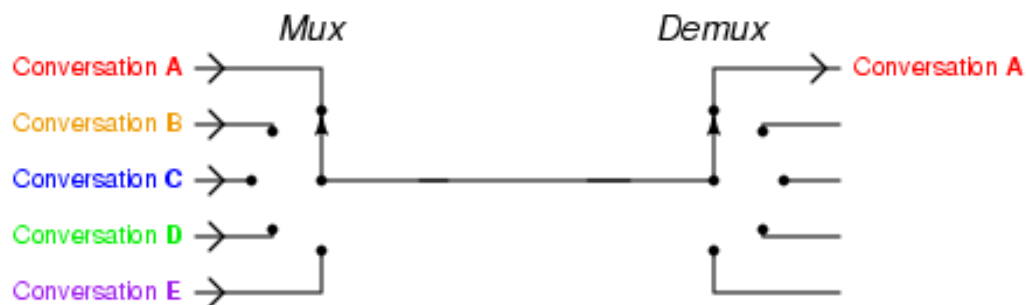
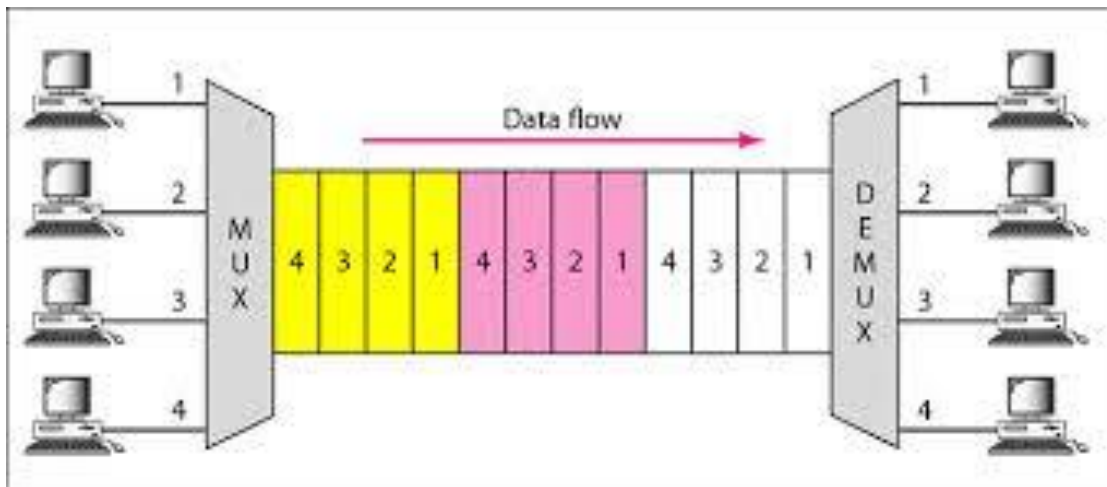


Χαρακτηριστικά της πολυπλεξίας με διαίρεση χρόνου

- Είναι προκαθορισμένα (δεν αλλάζουν δυναμικά):
 - Η διάρκεια ενός χρονοπλαισίου
 - Το πλήθος των χρονοθυρίδων σε ένα χρονοπλαίσιο
 - 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.

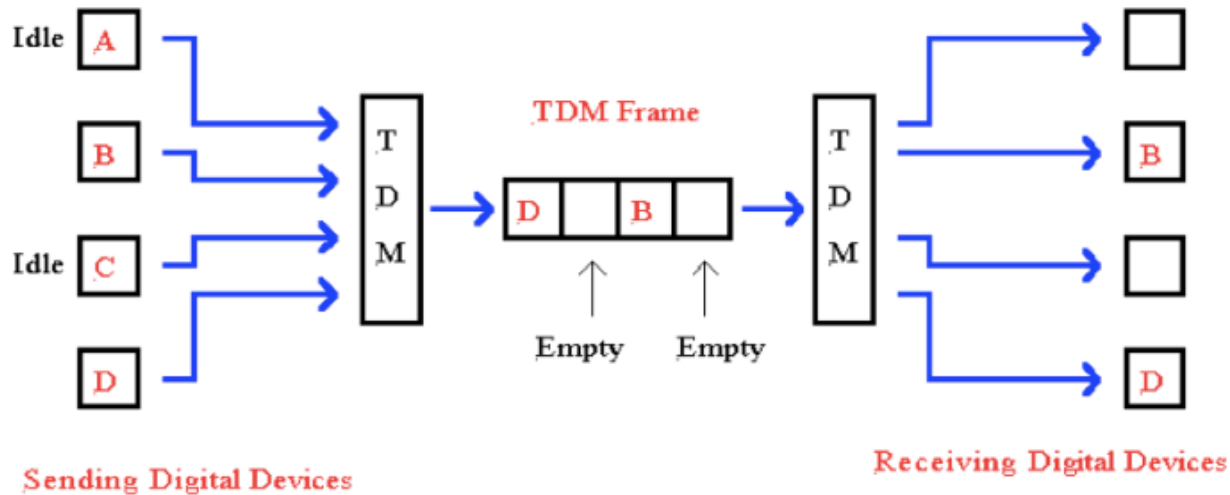


Παράδειγμα πολυπλεξίας με επιμερισμό χρόνου



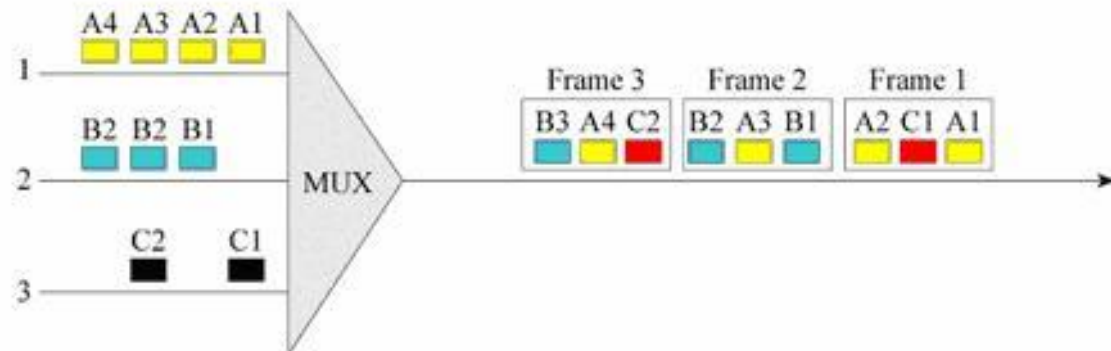
Η πολυπλεξία με διαίρεση χρόνου δεν είναι ευέλικτη

- 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.



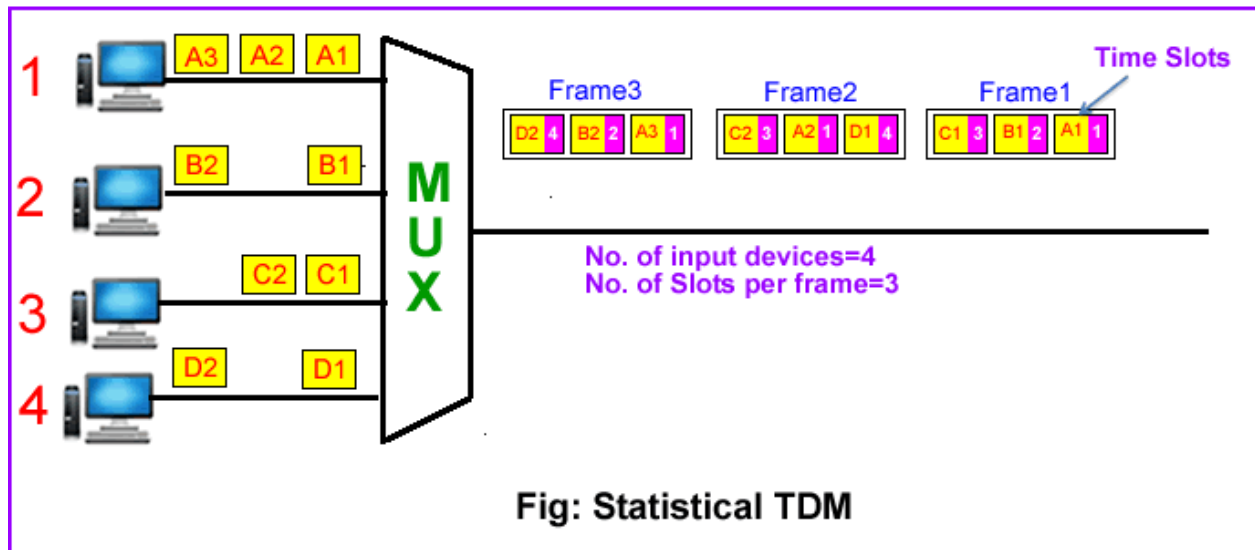
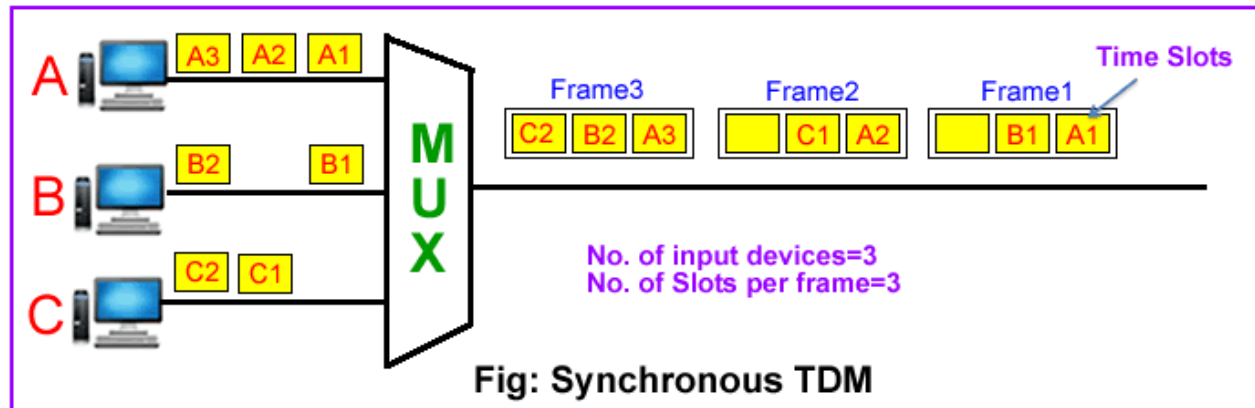
Στατιστική πολυπλεξία με διαίρεση χρόνου

- 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 από στον δέκτη, ο οποίος θα λάβει το διαμορφωμένο σήμα.
- Οι διαδικασίες της διαμόρφωσης και της αποδιαμόρφωσης του φέροντος σήματος, πραγματοποιούνται με τη βοήθεια μιας ειδικών διατάξεων (διαμορφωτής – αποδιαμορφωτής, modulator – demodulator).
- Συχνά, αυτές οι διαδικασίες υλοποιούνται από μια μόνο συσκευή (modem).



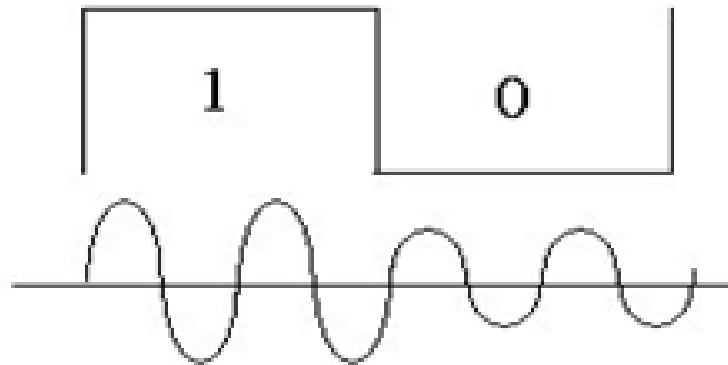
Διαμόρφωση: πως, πλεονεκτήματα

- 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).



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).

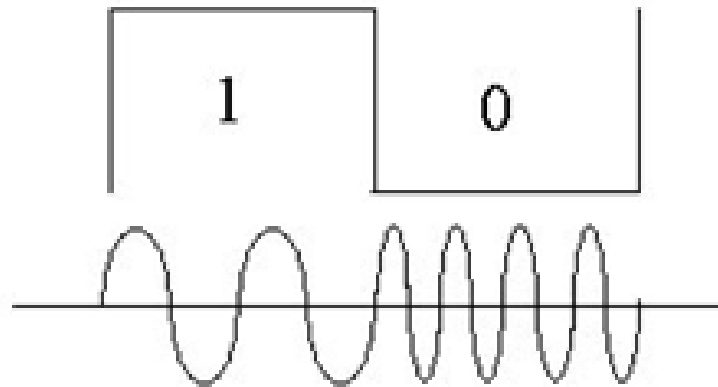


Διαμόρφωση πλάτους



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.

