



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Τηλεπικοινωνιακά Ψηφιακά Δίκτυα

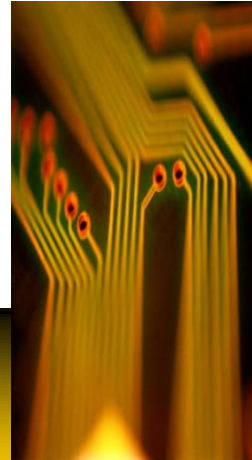
Ενότητα 3: Συστήματα Μετάδοσης

Βαρουτάς Δημήτρης

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ



ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΔΙΚΤΥΑ Θ. ΣΦΗΚΟΠΟΥΛΟΣ



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

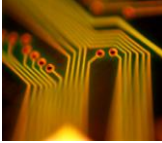


ΜΕΤΑΔΟΣΗ - 1

- Ένα **Σύστημα Μετάδοσης** παρέχει κυκλώματα μεταξύ των κόμβων του δικτύου.
- Τα κυκλώματα που χρησιμοποιούν διαφορετική διόδευση μετάδοσης σε κάθε κατεύθυνση καλούνται **κανάλια**.
- Ένα κανάλι περνά δια μέσου της σκευής εκπομπής ενός τερματικού σταθμού, μιας ζεύξης μετάδοσης (συμπεριλαμβανομένων και των επαναληπτών) και της σκευής του δέκτη ενός άλλου τερματικού σταθμού.
- **Κανάλια** και **σήματα** μπορεί να είναι **αναλογικά** ή **ψηφιακά**.
- Κάθε αναλογικό σήμα για να μεταφέρει πληροφορία πρέπει να περιέχει ένα σύνολο συχνοτήτων μέσα σε μια περιοχή, το **εύρος ζώνης** του.
- Ο αριθμός των συμβόλων του ψηφιακού σήματος που μεταδίδονται ανά δευτερόλεπτο καλείται **ρυθμός σηματοδότησης** σε bauds.
- Ο **ρυθμός σηματοδότησης** σε bauds ισούται με το **ρυθμό μετάδοσης** της πληροφορίας σε bps όταν ο δυαδικός κώδικας δεν παρουσιάζει πλεονασμό.
- Για τη μετάδοση αναλογικού σήματος χωρίς παραμόρφωση, απαιτείται **γραμμικό κανάλι**. Ένα ψηφιακό κανάλι δεν απαιτείται να είναι γραμμικό.



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΜΕΤΑΔΟΣΗ - 2

- **Αναλογικά σήματα** μπορούν να αποσταλούν **σε ψηφιακά κανάλια** μετά από αναλογικο-ψηφιακή μετατροπή (π.χ. Παλμοκωδική Διαμόρφωση – PCM - για την ομιλία)
- Η **ψηφιακή μετάδοση** είναι πολύ **πιο ανθεκτική** από την αναλογική μετάδοση στο θόρυβο και τις παρεμβολές.
- Όταν ένα φυσικό μέσο ή μια ζεύξη διαθέτει αρκετά μεγαλύτερο εύρος ζώνης από το μεταδιδόμενο σήμα, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει πολλά κανάλια. Αυτό επιτυγχάνεται με το συνδυασμό στον τερματικό σταθμό εκπομπής των σημάτων των διαφόρων καναλιών σε ένα σήμα μεγαλύτερου εύρους ζώνης, την **Πολυπλεξία**, και το διαχωρισμό των σημάτων των διαφόρων καναλιών στον τερματικό σταθμό του δέκτη, την **Αποπολυπλεξία**.
- Τα διακριτά κανάλια στους τερματικούς σταθμούς καλούνται **κανάλια βασικής ζώνης** και η ζεύξη μετάδοσης καλείται **κομιστικό κανάλι** (ή ευρυζωνικό κανάλι).
- Ο συνδυασμός του πολυπλέκτη και του αποπολυπλέκτη σε ένα τερματικό σταθμό συχνά αποκαλείται *mux* ή *mux*.
- Οι κυριότερες μέθοδοι πολυπλεξίας είναι με **διαίρεση συχνότητας** και με **διαίρεση χρόνου**, ενώ στις οπτικές επικοινωνίες με **διαίρεση μήκους κύματος**.



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

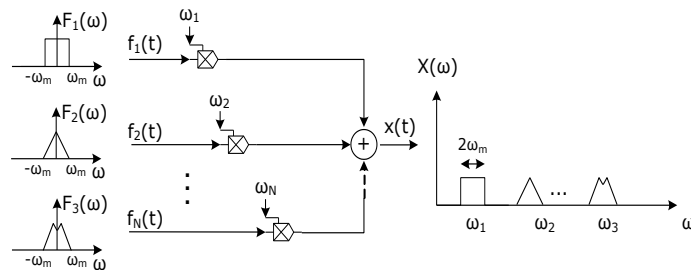


ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ -FDM

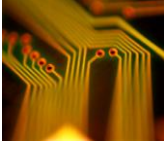
FDM: Ένας αριθμός καναλιών βασικής ζώνης συνδυάζονται σε ένα κοινό κομιστικό κανάλι χρησιμοποιώντας μια ξεχωριστή φέρουσα συχνότητα f_c που διαμορφώνεται από κάθε κανάλι βασικής ζώνης.

Πρωτομάδα (CCITT): 12 κανάλια με απόσταση φερόντων 4 kHz, από 60 kHz έως 108 kHz, και εύρος βασικής ζώνης από 300 Hz έως 3.4 kHz.

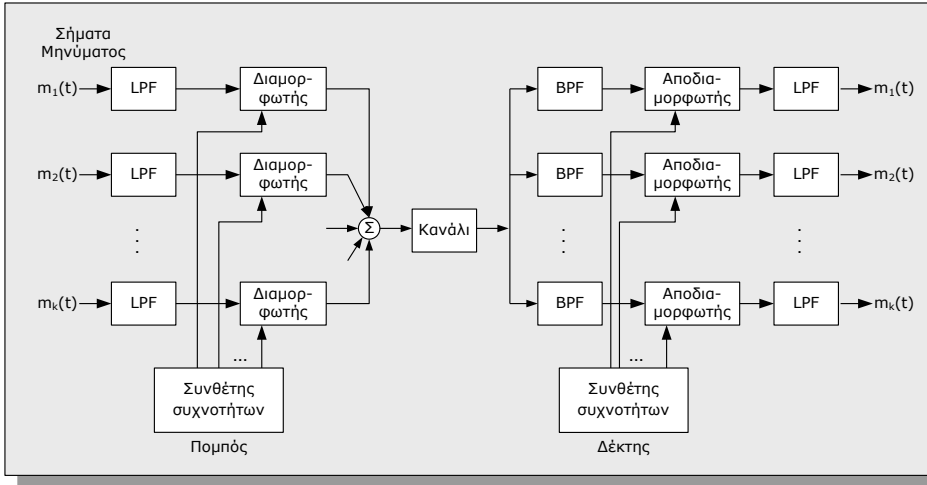
Ιεραρχία FDM: Βασική Υπερομάδα 5 πρωτομάδες 312 kHz – 552 kHz, 15+1 βασικές υπερομάδες για σύστημα 4 MHz (**υπερομάδα**), 3 υπερομάδες για συστήματα 12 MHz και 12 υπερομάδες για συστήματα 60 MHz.



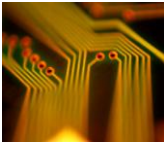
ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



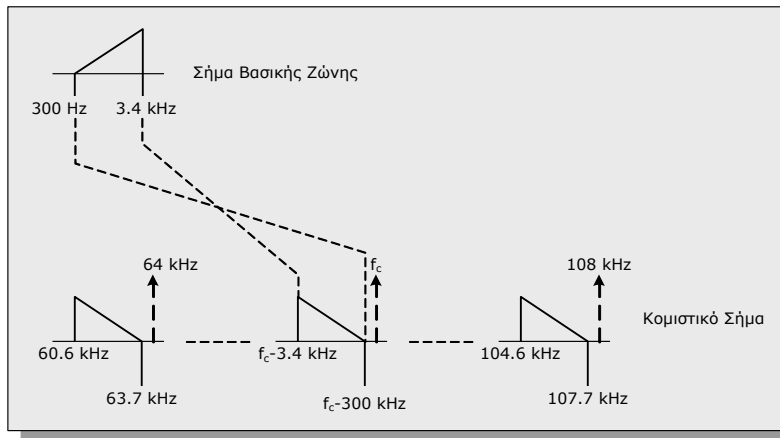
ΠΟΛΥΠΛΕΓΜΕΝΑ ΣΗΜΑΤΑ FDM - 1



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



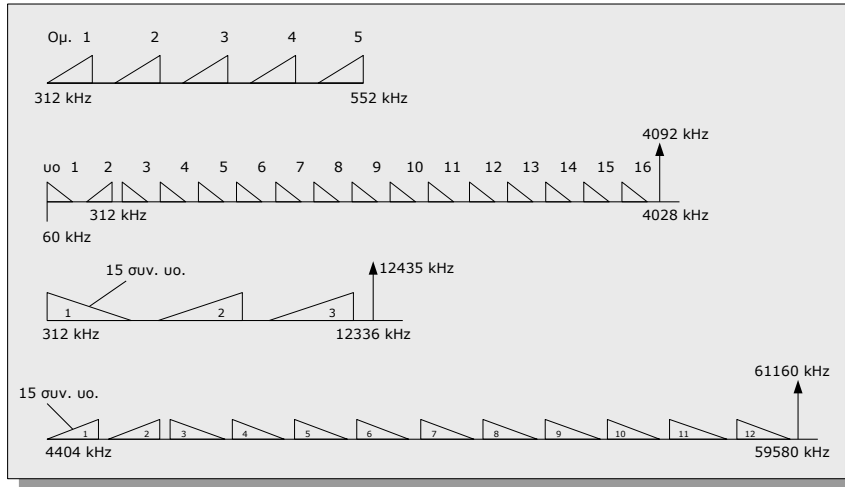
ΠΟΛΥΠΛΕΓΜΕΝΑ ΣΗΜΑΤΑ FDM - 2



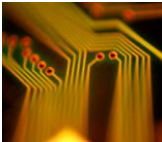
ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΤΟΥ FDM

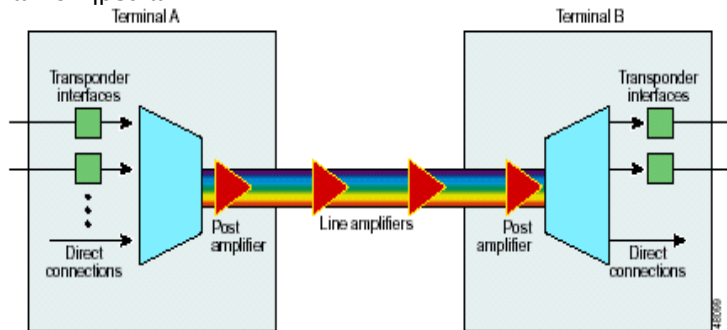


ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ - WDM

WDM: Η πολυπλεξία WDM είναι ο συνδυασμός δύο ή περισσότερων οπτικών σημάτων σε διαφορετικά μήκη κύματος τα οποία διαδίδονται κατά μήκος μιας κοινής οπτικής διαδρομής (οπτική ίνα). Κάθε μήκος κύματος μεταφέρει το δικό του ανεξάρτητο σήμα σε πλήρη ταχύτητα. Με τη μέθοδο πολυπλεξίας WDM αυξάνεται δραματικά η χωρητικότητα των οπτικών δικτύων δίνοντας τη δυνατότητα ταυτόχρονης διαχείρισης πολλών υπηρεσιών

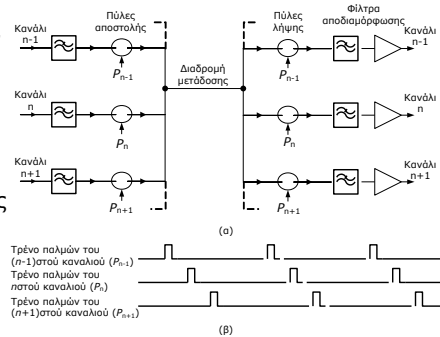


ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



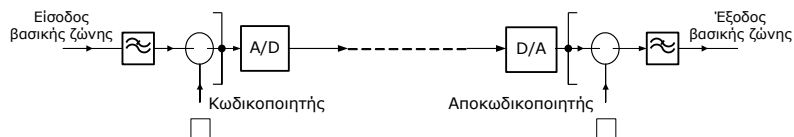
ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΧΡΟΝΟΥ (TDM) - 1

- Κάθε κανάλι βασικής ζώνης μεταδίδει ανά τακτά χρονικά διαστήματα και για συγκεκριμένο χρόνο
- Ο δέκτης κάθε καναλιού συνδέεται με τη διαδρομή μετάδοσης κατά τα χρονικά διαστήματα που του παραχωρούνται
- Χαρακτηριστικά
 - Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος (PAM)
 - Συχνότητα δειγματοληψίας $f_r > 2$ σιο της μέγιστης συχνότητας βασικής ζώνης
 - Κατωπερατό φίλτρο με συχνότητα αποκοπής $f_r/2$
- Η συχνότητα δειγματοληψίας έχει συμφωνηθεί διεθνώς στα 8 kHz ώστε να γίνεται δυνατή η παροχή τηλεφωνικών καναλιών με εύρος ζώνης μεταξύ 300 Hz και 3.4 kHz



ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΧΡΟΝΟΥ (TDM) - 2

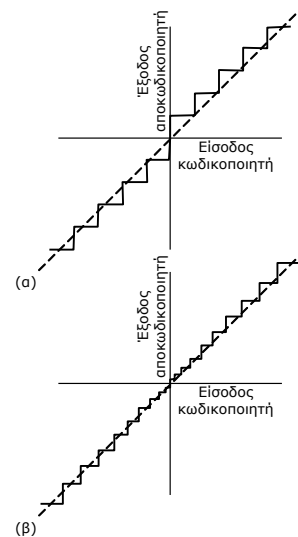
- **Πλαίσιο:** Πλήρης κυματομορφή που μεταδίδεται κατά τη διάρκεια κάθε περιόδου επανάληψης. Περιέχει μια χρονοθυρίδα για κάθε κανάλι και ένα σήμα συγχρονισμού (πομπού-δέκτη).
- **Παλμοκωδική διαμόρφωση**
 - Μείωση της διαφωνίας μεταξύ των καναλιών λόγω χρονικής διεύρυνσής τους.
 - Κάθε αναλογικό δείγμα εισέρχεται στον A/D μετατροπέα ο οποίος παράγει μια ομάδα παλμών που αναπαριστούν την έντασή του σε δυαδική μορφή. Το αντίστροφο συμβαίνει στο δέκτη.
 - Η ομάδα των bits που απεικονίζει ένα δείγμα καλείται ψηφιακή λέξη ή byte (1 byte=8 bits)
 - Τηλεφωνία: Δειγματοληψία στα 8 kHz με κωδικοποίηση των 8 bits. Ο απαιτούμενος ρυθμός μετάδοσης είναι $8 \cdot 8 = 64$ kilobauds ενώ το απαιτούμενο εύρος ζώνης μετάδοσης είναι 32 kHz.



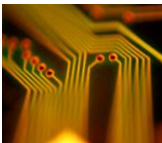


ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΧΡΟΝΟΥ (TDM) - 3

- Παραμόρφωση κβάντισης: οφείλεται στο γεγονός ότι το σύστημα μπορεί να μεταδώσει μόνο ένα πεπερασμένο πλήθος δειγμάτων π.χ. PCM με κώδικα των 8 bits επιτρέπει μετάδοση $2^8=256$ διαφορετικών τιμών δείγματος.
- Κβάντιση → μη γραμμική παραμόρφωση. Αν το πλάτος του σήματος εισόδου είναι μεγάλο συγκριτικά με το βήμα κβάντισης τότε τα σφάλματα στα διαδοχικά δείγματα είναι σχεδόν τυχαία. Το φάσμα των παραγών της παραμόρφωσης προσεγγίζει το φάσμα θορύβου Gaussian και το φαινόμενο καλείται συχνά θόρυβος κβάντισης.
- Λύση – Μείωση του θορύβου κβάντισης δίνει η μη ομοιόμορφη κβάντιση - συστοδιαστολή



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

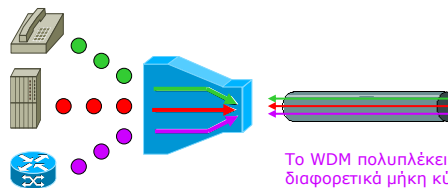


ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΧΡΟΝΟΥ (TDM) - 4

Σύγκριση TDM και WDM



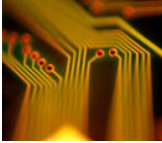
Το TDM πολυπλέκει πολλές υπηρεσίες σε διαφορετικές χρονοθυρίδες. Περιορίζει το πλήθος της πληροφορίας που μπορεί να πολυπλεχθεί σε ένα καλώδιο ή μια ίνα



Το WDM πολυπλέκει πολλές υπηρεσίες σε διαφορετικά μήκη κύματος μιας ίνας. Περισσότερα μήκη κύματος → Μεγαλύτερο εύρος ζώνης



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

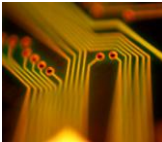


ΤΟ PCM ΩΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑ ΟΜΑΔΑ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ - 1

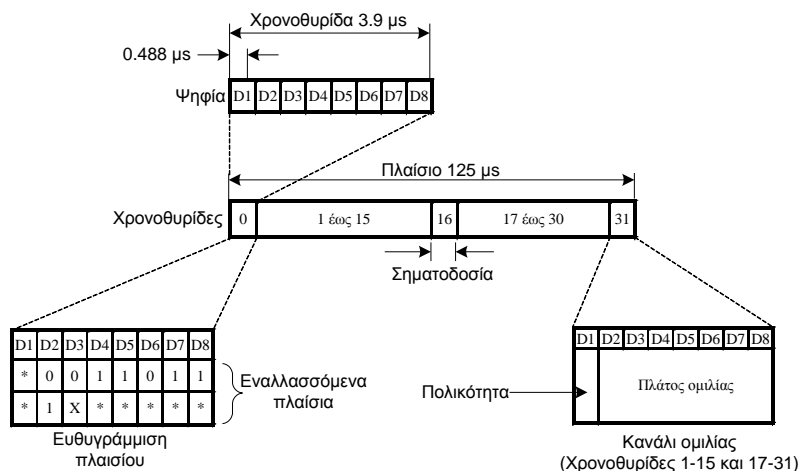
- Τα συστήματα PCM με ταυτόχρονη χρήση διπολικής κωδικοποίησης μπορεί να δώσει ρυθμούς μετάδοσης μέχρι και 2 Mb/s σε δισύρματα καλώδια.
- **Πρωτεύουσα ομάδα πολυπλεξίας:** ομάδα 30 (ή 24) τηλεφωνικών καναλιών τα οποία συνδυάζονται με πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου.
- **Μήκος πλαισίου:** 125μsec (=1/8kHz). Περιέχει ένα δείγμα ομιλίας από κάθε κανάλι μαζί με επιπρόσθετα ψηφία για το συγχρονισμό και τη σηματοδότηση
- **Σύστημα 30 καναλιών – Χαρακτηριστικά**
 - Ευρώπη
 - Κωδικοποίηση των 8-bits
 - Συστοδιαστολή καναλιών (νόμου A)
 - 32 χρονοθυρίδες με 8 ψηφία η καθεμία
 - Ρυθμός bit = 8 kHz*8*32=2.048 Mb/s
 - Χρονοθυρίδα 0 για ευθυγράμμιση και 16 για σηματοδότηση



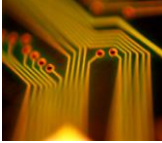
ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΤΟ PCM ΩΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΑ ΟΜΑΔΑ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ - 2



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

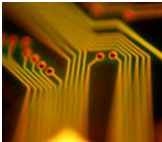


ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΙΕΡΑΡΧΙΕΣ

- Η πρωτεύουσα ομάδα πολυπλεξίας των 30 (ή 24) καναλιών χρησιμοποιείται ως δομική μονάδα για τη δημιουργία ομάδων μεγαλύτερου αριθμού καναλιών σε συστήματα πολυπλεξίας υψηλότερης τάξης
- Σε κάθε επίπεδο της ιεραρχίας διάφορες ροές bits γνωστές ως **παρακάναλα** (tributaries), συνενώνονται μέσω ενός πολυπλέκτη
- Η έξοδος κάθε πολυπλέκτη μπορεί να χρησιμεύσει ως παρακάναλο σε έναν πολυπλέκτη του αμέσως υψηλότερου επιπέδου της ιεραρχίας ή να οδηγηθεί απευθείας σε μια ενσύρματη ή ασύρματη γραμμή
- Υπάρχουν δύο μορφές ψηφιακής ιεραρχίας
 - **Πλησιόχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία (PDH)**
 - Πρώτη γενιά συστημάτων πολυπλεξίας υψηλότερης τάξης.
 - Οι εισοδοί του ψηφιακού πολυπλέκτη δεν είναι σύγχρονες αλλά σχεδόν σύγχρονες (πλησιόχρονες).
 - **Σύγχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία (SDH)**
 - Τα συστήματα μετάδοσης είναι πλήρως συγχρονισμένα



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΑΛΛΗΛΟΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ - 1

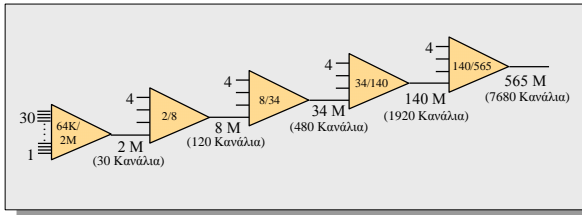
- Επιτρέπεται μόνο όταν οι εισοδοί ενός πολυπλέκτη είναι σύγχρονες (ίδιος ρυθμός και σε φάση)
- Αλληλοπαρεμβολή = Ένα bit ή μια λέξη από bits από την κάθε μια είσοδο με τη σειρά
- Απαιτείται διακόπτης που δειγματοληπτεί κάθε είσοδο υπό τον έλεγχο του ρολογιού του πολυπλέκτη
- Υπάρχουν δύο μέθοδοι αλληλοπαρεμβολής ψηφιακών σημάτων:
 - **Αλληλοπαρεμβολή bit (bit interleaving)**
 - **Αλληλοπαρεμβολή λέξης (word interleaving)**



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

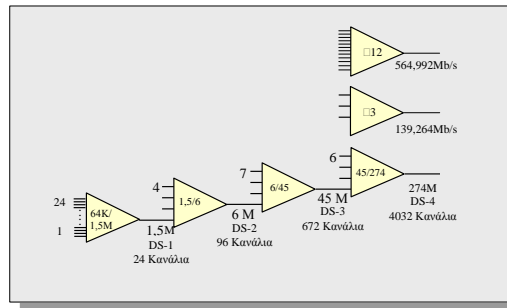


ΠΡΟΤΥΠΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΙΕΡΑΡΧΙΑ PDH - 2



Ευρωπαϊκή πλησιόχρονη ψηφιακή ιεραρχία

Πλησιόχρονη ψηφιακή ιεραρχία της Β. Αμερικής



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ PDH

Ανεξαρτήτως συστήματος

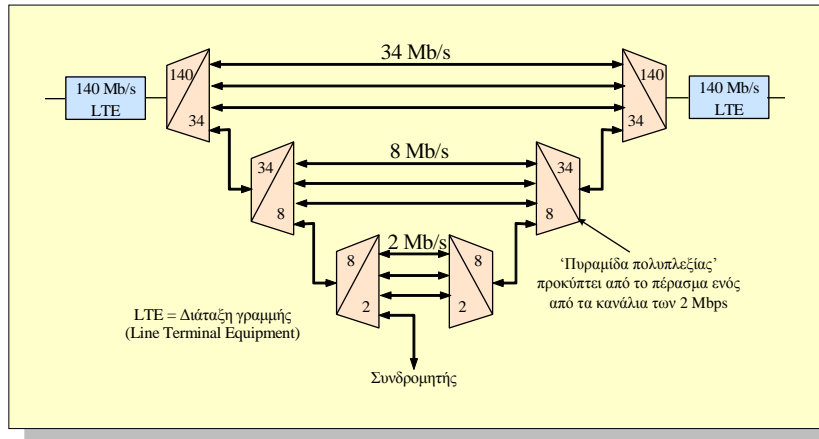
- Χρησιμοποιεί αλληλοπαρεμβολή bit
- Το μήκος πλαισίου είναι το ίδιο όσον αφορά την πρωτεύουσα πολυπλεξία, δηλαδή 125μs (λόγω βασικού ρυθμού δειγματοληψίας καναλιού 8kHz).
- Ο συνδυασμός N καναλιών δίνει κανάλια με αριθμό ψηφίων $> N \times$ αριθμό των ψηφίων του πλαισίου ενός παρακάναλου. Αυτό συμβαίνει για δυο λόγους:
 - Αποστολή **λέξης συγχρονισμού πλαισίου - FAW** για την αναγνώριση της αρχής κάθε πλαισίου και την σωστή δρομολόγηση των ψηφίων του.
 - Προσθήκη **ψηφίων ευθυγράμμισης (justification)** με σκοπό τη σωστή λειτουργία των διατάξεων όταν δεν υπάρχει κοινός ρυθμός.



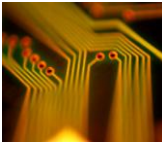
ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΠΥΡΑΜΙΔΑ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ PDH



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΙΕΡΑΡΧΙΑΣ PDH

- Κάθε επίπεδο πολυπλεξίας πρέπει να προσθέσει επιπλέον bits για ευθυγράμμιση.
- Υπάρχουν και διαφορετικές ιεραρχίες μετάδοσης στον κόσμο (ακριβός εξοπλισμός διασύνδεσης).
- Η ευθυγράμμιση διαχέει τα δεδομένα στο πλαίσιο
- Το PDH δεν ορίζει μια τυποποιημένη μορφή για τη ζεύξη μετάδοσης.
 - Κάθε πάροχος χρησιμοποιεί τη δική του κωδικοποίηση, οπτικές διεπαφές κ.λ.π.
 - Δύσκολη διαλειτουργικότητα



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

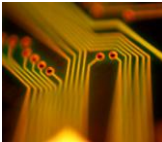


ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΑ SDH

- Βασικό χαρακτηριστικό του SDH (SONET) είναι η σύγχρονη πολυπλεξία – δεδομένα από πολλά παρακάναλα αλληλοπαρεμβάλλονται ανά byte (CCITT 1990)
- Στο SDH τα πολυπλεγμένα κανάλια είναι σε καθορισμένες θέσεις σε σχέση με το byte του πλαισίου.
- Η αποπολυπλεξία επιτυγχάνεται με απομάστευση των απαιτούμενων bytes από την ψηφιακή ροή.
- Αυτό επιτρέπει την αποδέσμευση ενός μόνο καναλιού από τη ροή δεδομένων χωρίς την αποπολυπλεξία των ενδιάμεσων ρυθμών όπως απαιτείται στο PDH.
- Εύκολη επέκταση και αναβάθμιση σε υψηλότερους ρυθμούς.
- Συμβατότητα με υπάρχοντα συστήματα PDH.
- Διαλειτουργικότητα Αμερικανικών και Ευρωπαϊκών συστημάτων.

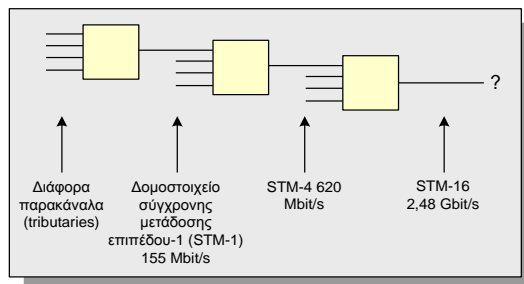


ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΡΥΘΜΟΙ SDH

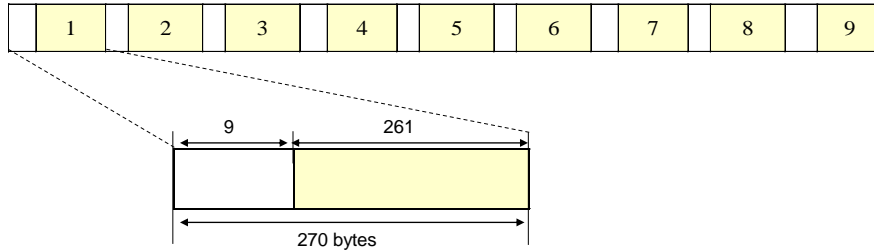
- Το SDH είναι μια ιεραρχία που βασίζεται σε πολλαπλάσια του 155.52Mbit/s.
- Η βασική μονάδα του SDH είναι το STM-1 το οποίο καλείται δομοστοιχείο σύγχρονης μετάδοσης (synchronous transport module) επιπέδου-1.
- Κάθε ρυθμός είναι ακριβώς πολλαπλάσιος του ρυθμού χαμηλότερου επιπέδου για αυτό και η ιεραρχία είναι σύγχρονη.



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ SDH (STM-1)



- Το πλαίσιο STM-1 αποτελείται από 9 τμήματα
- Καθένα από τα 9 τμήματα αποτελείται από 2 μέρη:
 - 9 bytes με σήματα ευθυγράμμισης πλαισίου (SOH)
 - 261 bytes ωφέλιμης πληροφορίας (payload)
- Κατά τη διάρκεια του πλαισίου 125 μ s περιέχονται $270 \times 9 = 2430$ bytes
- Ρυθμός του STM-1: $(2430 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits}) / 125 \mu\text{s} = 155,52 \text{ Mb/s}$
- Κάθε οκτάδα (byte) αντιστοιχεί σε σήμα χωρητικότητας 64kb/s

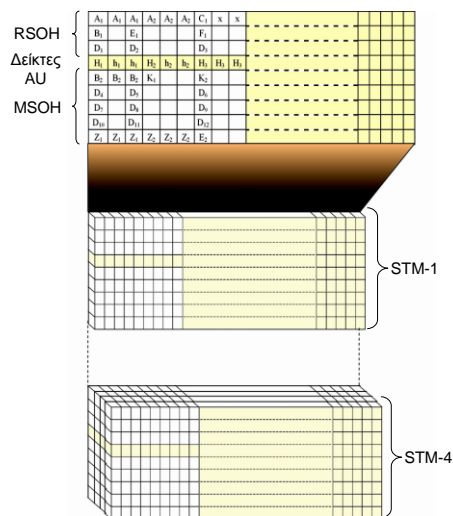


ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΔΟΜΗ ΤΟΥ STM

- Κάθε παρακάναλο στην πολυπλεξία έχει τη δική του περιοχή ωφέλιμων δεδομένων η οποία καλείται μονάδα παρακάναλου (tributary unit - TU)
- Τρεις στήλες (27 bytes) μπορούν να χωρέσουν ένα σήμα PCM των 1,5Mb/s με 24 κανάλια και κάποια πλάγια πληροφορία (HΠΑ)
- Τέσσερις στήλες (36 bytes) μπορούν να χωρέσουν ένα σήμα PCM των 2 Mb/s με 32 χρονοθυρίδες
- Το πλαίσιο STM-1 μπορεί ακόμα να χωρέσει ωφέλιμα δεδομένα στους Ευρωπαϊκούς ρυθμούς των 8,34 και 140Mb/s

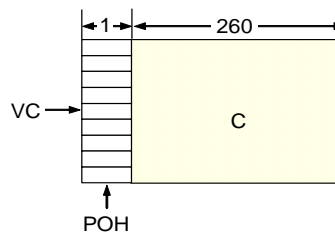
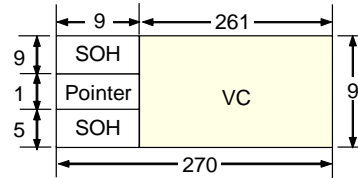


ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

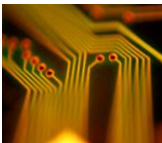


ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ STM - 1

- Τα bytes ενός παρακάναλου συγκεντρώνονται σε έναν υποδοχέα (container) κατά τη διαδικασία της πολυπλεξίας. Μια πάγια πληροφορία διαδρομής προστίθεται για να σχηματίσει τον ιδεατό υποδοχέα (virtual container-VC).
- Το VC ταξιδεύει στο δίκτυο ως πλήρες πακέτο μέχρι να υποστεί αποπολυπλεξία.
- Το σημείο εκκίνησης του VC υποδεικνύεται από ένα δείκτη σε περίπτωση που δεν είναι συγχρονισμένο με το πλαίσιο STM-1.
- Οι δείκτες καταλαμβάνουν σταθερές θέσεις μέσα στο πλαίσιο και οι τιμές τους δείχνουν από πού ξεκινούν τα VCs με σκοπό τη σωστή αποπολυπλεξία. Το VC με το δείκτη αποτελούν την TU.

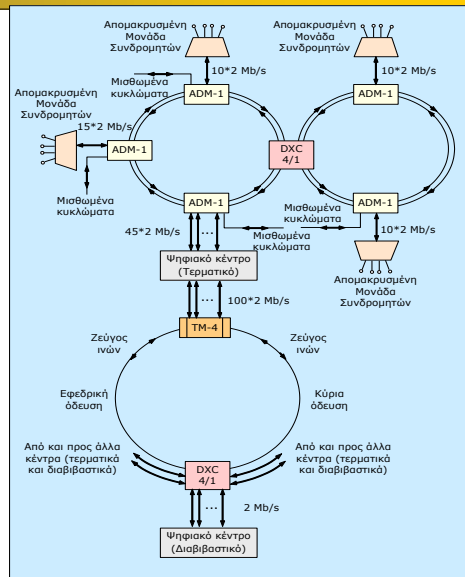


ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

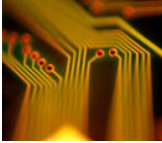


ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ & ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ SDH

- Διατάξεις Σύγχρονων Πολυπλεκτών ΜΧ (Synchronous Multiplexers).
- Διατάξεις Σύγχρονων Ψηφιακών Διασυνδετών (Synchronous Digital Cross Connects).
- Στους σύγχρονους πολυπλέκτες έχουμε τα εξής είδη :
 - Τους Τερματικούς Πολυπλέκτες TM (Terminal Multiplexers)
 - Τους Πολυπλέκτες Απομάστευσης-Εισαγωγής ADM (Add-Drop Multiplexers).
- Σε κάθε είδος πολυπλέκτη (TM ή ADM) έχουμε τρία επίπεδα ιεραρχίας (1, 4 και 16)



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ

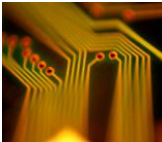
Οι συνδέσεις ψηφιακής μετάδοσης εισάγουν έναν αριθμό ατελειών όπως:

- Σφάλματα bit
- Ολίσθηση (απώλεια διαδοχικών ψηφίων λόγω σφαλμάτων συγχρονισμού)
- Μικρές διακοπές
- Τρίλισμα (jitter)

| Κατάταξη Επιδόσεων | Στόχος της CCITT |
|---------------------------------------|--|
| (α) Λεπτά υποβάθμισης | <10% των διαστημάτων 1 λεπτού στα οποία ο ρυθμός εσφαλμένων bit είναι $BER > 10^{-6}$ |
| (β) Εξαιρετικά εσφαλμένα δευτερόλεπτα | <0,2% των διαστημάτων 1sec στα οποία ο ρυθμός εσφαλμένων bit είναι $BER > 10^{-3}$ |
| (γ) Εσφαλμένα δευτερόλεπτα | <8% των διαστημάτων 1sec στα οποία υπάρχουν οποιαδήποτε σφάλματα (δηλ. 92% να μην υπάρχουν σφάλματα) |



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

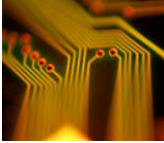


ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ - 1

- Συνδρομητικές γραμμές
 - Είναι πολυάρθρωτες επομένως πρέπει να παρέχονται οικονομικά.
 - Ζεύγη καλωδίων ακουστικών σημάτων.
 - Διαμοιρασμός απλής γραμμής μεταξύ πολλών συνδρομητών.
 - Αναλογικά συστήματα φέροντος.
 - FDM σε τετρασύρματο κύκλωμα.
 - Ψηφιακή μετάδοση (ψηφιακό δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών - ISDN)
 - Δισύρματη γραμμή για το βασικό ρυθμό πρόσβασης 144 kb/s
 - Σύστημα PCM σε δύο ζεύγη καλωδίων για τον πρωτεύοντα ρυθμό πρόσβασης
 - Το PCM χρησιμοποιείται για να παρέχει πρόσβαση σε συνηθισμένους τηλεφωνικούς χρήστες (μεταλλικά ζεύγη, οπτικές ίνες)



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ - 2

- Κυκλώματα σύνδεσης
 - Καλώδια ακουστικών συχνοτήτων
 - Ειδικά καλώδια χαμηλής εξασθένισης
 - Χρήση συστημάτων FDM φέροντος σε δρόμους σύνδεσης που απαιτούν μεγάλο αριθμό κυκλωμάτων
 - PCM
- Ζευκτικά κυκλώματα
 - Αρχικά έγινε χρήση συστημάτων FDM φέροντος 4, 12 και 24 καναλιών σε ανοιχτές γραμμές και εξισορροπημένα ζεύγη καλωδίων
 - Αργότερα έγινε χρήση των συστημάτων FDM υψηλής χωρητικότητας (ομοαξονικά καλώδια και ραδιοζεύξεις μικροκυμάτων)
 - Ψηφιακή μετάδοση (ομοαξονικά καλώδια, ραδιοζεύξεις μικροκυμάτων και καλώδια οπτικών ινών)



Τέλος

Συστήματα Μετάδοσης

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» 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 Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Βαρουτάς Δημήτρης, Σφηκόπουλος Θωμάς. «Τηλεπικοινωνιακά Ψηφιακά Δίκτυα. Συστήματα Μετάδοσης». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/DI122/>.



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.

