



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ**

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ kit ΒΑΣΙΚΗΣ
ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΓΓΡΑΦΗ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :
ΠΑΥΛΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ (1953)**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ :
Δρ. ΤΣΙΤΣΟΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ
(ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)**

ΣΕΡΡΕΣ, ΜΑΪΟΣ 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν να καταφέρω να ξεκινήσω τις σπουδές μου και να μπορέσω να τις ολοκληρώσω και ειδικότερα :

- ❖ τον αρραβωνιαστικό μου, ο οποίος με βοήθησε πάρα πολύ με τις σπουδές μου.
- ❖ τον Αναπληρωτή Καθηγητή Δρ. Τσίτσο Στυλιανό, ο οποίος ήταν πάντα διαθέσιμος για οποιοδήποτε πρόβλημα ή απορία μου σχετικά με την εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας.
- ❖ Όλους τους Καθηγητές του τμήματος Πληροφορικής και Επικοινωνιών για τις γνώσεις που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια που ήμουν στο Τ.Ε.Ι.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1^οΚεφάλαιο : Σήματα και κώδικες

1.1	Χαρακτήρες και σύμβολα	5
1.2	Σήματα και κώδικες	6
1.3	Δίκτυα: Μια προοπτική συστημάτων	7
1.4	Μετάδοση, μεταγωγή και σηματοδότηση	9
1.5	Το υπέρ - δίκτυο	10
1.6	Δημόσια και ιδιωτικά δίκτυα	11
1.7	Μια προοπτική των συστημάτων – Το τηλεφωνικό δίκτυο	12
1.8	Μια προοπτική συστημάτων – Το έξυπνο δίκτυο	13
1.9	Ψηφιακοί κόμβοι διασύνδεσης	15

2^οΚεφάλαιο : Ηλεκτρονικά συστήματα μεταγωγής

2.1	Μεταγωγή με διαίρεση χρόνου	17
2.1.1	Βασικές αρχές	17
2.1.2	Εναλλαγή χρονοθυρίδων	18
2.1.3	Παράδειγμα ενός ψηφιακού συστήματος μεταγωγής TST (time, space and time)	20
2.1.4	Άλλοι τρόποι μεταγωγής	22
2.2	Ιδιωτικά τηλεφωνικά κέντρα (Private branch exchanges)	23
2.3	Αξιολόγηση της μεταγωγής	24

3^οΚεφάλαιο : Επικοινωνίες δεδομένων

3.1	Τηλεφωνικό δίκτυο dial-up	26
3.2	Κώδικας ASCII	27
3.3	Μεταγωγή μηνυμάτων και πακέτων	28
3.4	Πρωτόκολλα και πρότυπα	30
3.5	Το Διαδίκτυο (Internet)	32
3.6	Δίκτυα πακέτων	33

3.7	ISDN	33
3.8	ADSL	35
3.9	Τοπικά δίκτυα δεδομένων	36
3.10	Σύγκριση διαφόρων μορφών πληροφορίας	39
3.11	Επικοινωνία δεδομένων - αξιολόγηση	40

4^ο Κεφάλαιο : Ασκήσεις

ΑΣΚΗΣΗ 1	: Επικοινωνία με τηλέγραφο	41
ΑΣΚΗΣΗ 2	: Τηλεφωνική επικοινωνία	45
ΑΣΚΗΣΗ 3	: Συχνότητα και Ένταση	49
ΑΣΚΗΣΗ 4	: Φως, laser και οπτική ίνα	54
ΑΣΚΗΣΗ 5	: Οπτική Επικοινωνία	60

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Σήματα και κώδικες

1.1 Χαρακτήρες και Σύμβολα:

Επικοινωνία είναι η μεταφορά της πληροφορίας και παίρνει πολλές μορφές. Η επικοινωνία μπορεί να συμβεί μεταξύ ανθρώπων, μηχανών, ανθρώπου και μηχανής και αντίστροφα. Η επικοινωνία μπορεί να είναι άμεση ή έμμεση.

Για να επικοινωνήσουμε χρησιμοποιούμε διάφορα σύμβολα. Για παράδειγμα, στην λεκτική επικοινωνία, τα σύμβολα είναι οι συλλαβές με τις οποίες μιλάμε και συνθέτουν τις λέξεις και τις προτάσεις. Εκφράσεις του προσώπου είναι επίσης σύμβολα, που δηλώνουν συμφωνία, θυμό, χαρά και ούτω καθεξής.

Ο άνθρωπος πάντα φιλοδοξούσε να αυξήσει την ικανότητά του να επικοινωνεί πέρα από τα όρια της εικόνας και του ήχου. Πολλές διαφορετικές συσκευές έχουν τεθεί σε αυτή τη χρήση. Αυτές οι συσκευές απαιτούν την χρήση των πρόσθετων συμβόλων.

Οι προϊστορικοί άνθρωποι ζωγράφιζαν εικόνες στους τοίχους των σπηλιών για να περιγράψουν τις εμπειρίες τους. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι και οι Κινέζοι χρησιμοποίησαν εικόνες σαν να γράφουν σύμβολα (ιερογλυφικά). Με αυτή την εφεύρεση η γραφή σύντομα έγινε η πιο δημοφιλής μορφή της επικοινωνίας μεγάλων αποστάσεων και εξακολουθεί να είναι. Η γραφή χρησιμοποιείται για τη μεταφορά πληροφοριών (γράμματα, βιβλία και εφημερίδες). Χρησιμοποιείται επίσης για την αποθήκευση πληροφοριών (βιβλία, εγκυκλοπαίδειες και βιβλιοθήκες).

Τα γράμματα και τα βιβλία έχουν ένα πλεονέκτημα σε σχέση με άλλες μεθόδους επικοινωνίας και αυτό έγκειται στο τεράστιο ποσό των πληροφοριών που μπορούν να μεταφέρουν. Ωστόσο, η απάντηση σε αυτά είναι αργή. Αυτό απαιτεί από εμάς να χρησιμοποιήσουμε έναν ταχυδρόμο ή έναν αγγελιοφόρο και ένα όχημα. Εταιρείες, όπως η άγρια δυτική Pony Express έχουν ήδη ιδρυθεί εδώ και πολύ καιρό, για να δώσουν μια ταχεία και αποτελεσματική υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Σήμερα αυτές οι ιδιωτικές εταιρείες ταχυμεταφορών διατηρούν στόλους οχημάτων και αεροπλάνων.

Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί πρόσθετες μεθόδους για τη βελτίωση του χρόνου απόκρισης. Πυρκαγιές, οι οποίες θα μπορούσαν να φαίνονται από μακριά, ανάβονταν στις κορυφές των βουνών για να μεταφέρουν σημαντικά μηνύματα. Οι Ινδιάνοι της Αμερικής χρησιμοποιούσαν σήματα καπνού για να επικοινωνούν από απόσταση. Οι Αφρικανοί χρησιμοποιούσαν τύμπανα. Τα πλοία και τα στρατεύματα χρησιμοποιούσαν σημαίες ή ειδικούς μοχλούς, που ονομάζονται σηματοφορείς.

Η επικοινωνία στον Δυτικό κόσμο αναπτύχθηκε ραγδαία με την ανακάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας και από τις ηλεκτρικές εφευρέσεις. Ο Samuel Morse ανέπτυξε τον τηλεγράφο, ο οποίος λειτουργεί βάσει της αρχής του κουμπιού λειτουργίας ενός απομακρυσμένου κουδουνιού. Για να μεταφέρει τα μηνύματα, ο Morse είχε αναπτύξει έναν κώδικα σημάτων που αποτελείται από σύντομους δακτύλιους και μεγάλους δακτύλιους (τελείες και παύλες). Αργότερα, ένα μολύβι που συνδέεται με ένα μοχλό συνδέθηκε με έναν ηλεκτρομαγνήτη, για να επισημαίνονται οι τελείες και οι παύλες σε μια κινούμενη λωρίδα χαρτιού. Ο κώδικας Morse έγινε πολύ δημοφιλής και χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα, με συσκευές σημάτων, όπως: λάμπες σήματος οι οποίες χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ των πλοίων στη θάλασσα, ασύρματη σηματοδότηση και άλλα.

Στο επόμενο στάδιο ανάπτυξης της επικοινωνίας, ήρθε το τηλέφωνο, το ραδιόφωνο και η τηλεόραση, η οποία επανήλθε στην άμεση επικοινωνία, στην οποία δεν απαιτείται κανένα ενδιάμεσο σύμβολο.

Την ίδια στιγμή η ανάγκη για ταχεία γραπτή επικοινωνία αύξησε την επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών, μεταξύ μηχανών και ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Οι μεγαλύτεροι καταναλωτές αυτής της μορφής επικοινωνίας ήταν οι εφημερίδες και διάφορες χρηματοπιστωτικές αγορές (για συναλλαγές σε μετοχές, νομίσματα, εμπορεύματα και υλικά).

Πρώτος ήταν ο τηλεγράφος του Morse. Στη συνέχεια, ήρθαν τα τηλέτυπα. Το τηλέτυπο ήταν ένα είδος γραφομηχανής. Κάθε πλήκτρο πίεζε μια ταινία χαρτιού και έκανε διάτρητες τρύπες, σε διάφορους συνδυασμούς, ανάλογα με τους χαρακτήρες. Κάθε συνδυασμός αντιστοιχούσε με ένα χαρακτήρα. Αυτές οι τρύπες μετατρέπονταν σε ηλεκτρικά σήματα που αντιστοιχούσαν σε «ύπαρξη ρεύματος / μη-ύπαρξη ρεύματος». Στο δέκτη, τα ρεύματα αυτά μετατρέπονταν σε σήματα για τη λειτουργία μιας αυτόματης ηλεκτρικής γραφομηχανής, η οποία εκτύπωνε τα μηνύματα.

1.2 Σήματα και κώδικες

Το τηλέτυπο ήταν η αρχή της δυαδικής επικοινωνίας. Κατέστη σαφές ότι είναι ευκολότερο και πιο αξιόπιστο να οικοδομήσουμε ένα ηλεκτρονικό σύστημα το οποίο μπορεί να εντοπίσει δύο καταστάσεις – «ύπαρξη ρεύματος / μη-ύπαρξη ρεύματος», «ύπαρξη τάσης / μη-ύπαρξη τάσης», «ανοικτός διακόπτης / κλειστός διακόπτης». Αυτές οι καταστάσεις ορίστηκαν με τα ψηφία '0' και '1' και ονομάστηκαν "δυαδικά ψηφία" (Binary Digits) ή απλώς "Bits" (Δυφία).

Ο κώδικας τηλετύπου απαιτούσε 5 bits (για μέχρι 5 τρύπες σε μια γραμμή) και ονομαζόταν κώδικας Baudot (Baudot, ένας Γάλλος, ήταν ο εφευρέτης). Τα 5 bits είχαν $2^5=32$ διαφορετικούς συνδυασμούς. Αυτός ο κώδικας είχε τη δυνατότητα να μεταφέρει όλα τα γράμματα του αλφαβήτου, τους αριθμούς και κάποια σημεία στίξης.

Κάθε συνδυασμός των δυαδικών όρων (bits) σχηματίζει ένα δυαδικό αριθμό. Οι υπολογιστές χρησιμοποιούν επίσης δυαδική απεικόνιση και δημιουργούν ομάδες των οκτώ bits. Ένας αριθμός που αποτελείται από οκτώ bit ονομάζεται «Byte». Δύο Byte είναι 16-bit και ονομάζεται "Λέξη".

Κάθε κύτταρο μνήμης του υπολογιστή κατέχει ένα byte. Ο αριθμός των bytes που κατέχει μετρά το μέγεθος της μνήμης του υπολογιστή (KB = Kilo Bytes = 1000 bytes). Ο όγκος της επικοινωνίας μεταξύ των υπολογιστών μετριέται σε bits ανά δευτερόλεπτο (bps).

Ο άνθρωπος μπορεί να αισθανθεί τα συνεχή σήματα, που ονομάζονται αναλογικά σήματα. Για παράδειγμα, ο ήχος (μέγεθος και συχνότητα), το φως και τα χρώματα, τη θερμοκρασία και ούτω καθεξής. Από την άλλη πλευρά, οι υπολογιστές επεξεργάζονται ψηφιακά σήματα (0 ή 1).

Τα πιο σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα ενσωματώνουν έναν υπολογιστή, καθώς είναι πολύ πιο εύκολη και πιο αξιόπιστη η επεξεργασία ψηφιακών πληροφοριών. Όταν λαμβάνεται το σήμα στο σύστημα τότε είναι ένα αναλογικό σήμα (ένα συνεχές σήμα, όπως ο ήχος, η θερμοκρασία ή το φως) και θα μετατρέπεται σε ψηφιακή μορφή. Η συσκευή, η οποία εκτελεί τη μετατροπή, ονομάζεται "ADC - Analog to Digital Converter (μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό)". Εάν το σύστημα πρέπει να παράγει ένα αναλογικό σήμα εξόδου (ρεύμα ή τάση), θα μετατρέπει τον ψηφιακό αριθμό εξόδου σε ένα αναλογικό σήμα χρησιμοποιώντας μία συσκευή που ονομάζεται "DAC - Digital to Analog Converter (μετατροπέας ψηφιακού σήματος σε αναλογικό)".

Παλιά, τα γραμμόφωνα επεξεργάζονται τα σήματα που λαμβάνονται από τη βελόνα συλλογής, άμεσα. Οι δονήσεις από την εγγραφή μετατρέπονται σε ηλεκτρικό ρεύμα, και τότε ενισχύονται ηλεκτρονικά και τελικά μεταδίδουν τα ηχητικά κύματα μέσω του αέρα. Οι ήχοι αποθηκεύονται ως διακυμάνσεις στις μικροσκοπικές αυλακώσεις επί της πλαστικής επιφάνειας της εγγραφής.

Σήμερα, οι ήχοι μετατρέπονται σε δυαδικούς αριθμούς. Τα δυαδικά ψηφία που σχηματίζουν αυτούς τους αριθμούς είναι χαραγμένα μέσα στην επιφάνεια ενός συμπαγούς δίσκου (Compact Disk- CD). Όταν ο δίσκος αναπαράγεται, μια λεπτή δέσμη laser σαρώνει την επιφάνεια. Η επιφάνεια του δίσκου είτε αντανακλά την ακτίνα του laser (σύμβολο '0'), όπου δεν είναι χαραγμένα, είτε δεν αντανακλά την ακτίνα (σύμβολο '1'), όπου είναι χαραγμένο. Οι αποθηκευμένοι δυαδικοί αριθμοί διαβάζονται με αυτόν τον τρόπο και μετατρέπονται σε ήχο. Η δυαδική αποθήκευση απαιτεί λιγότερο χώρο και διατηρεί τα δεδομένα για πολύ περισσότερο καιρό με μεγαλύτερη αξιοπιστία. Πρόσθετα δεδομένα μπορούν να αποθηκεύονται, για παράδειγμα, για να διευκολύνουν τη αυτόματη αναπαραγωγή.

Τηλέφωνο, Ραδιόφωνο και Τηλεόραση επίσης μετατράπηκαν σε ψηφιακά μέσα. Τα σήματα μεταφράζονται σε δυαδικούς αριθμούς, επεξεργάζονται ψηφιακά από τον υπολογιστή και μετατρέπονται πάλι σε σήματα, τα οποία οι αισθήσεις μας μπορούν να αντιληφθούν. Οι δυαδικοί αριθμοί επιτρέπουν τα δεδομένα να συμπιεστούν πολύ πιο αποτελεσματικά, αυξάνουν την αξιοπιστία και την δυνατότητα για επιπλέον επεξεργασία των πληροφοριών.

Μια εικόνα που δημιουργήθηκε σε έναν υπολογιστή αποτελείται από τελείες που ονομάζονται pixels. Σε μια έγχρωμη εικόνα κάθε pixel αποτελείται από τρία χρώματα - κόκκινο, πράσινο και μπλε (Red, Green and Blue - RGB).

Μια συσκευή φαξ, μετατρέπει ένα έγγραφο σε μαύρα και άσπρα pixels, τα οποία μεταδίδονται ως bits. Η υψηλή πυκνότητα των μαύρων pixels δημιουργεί ένα σκοτεινό σημείο.

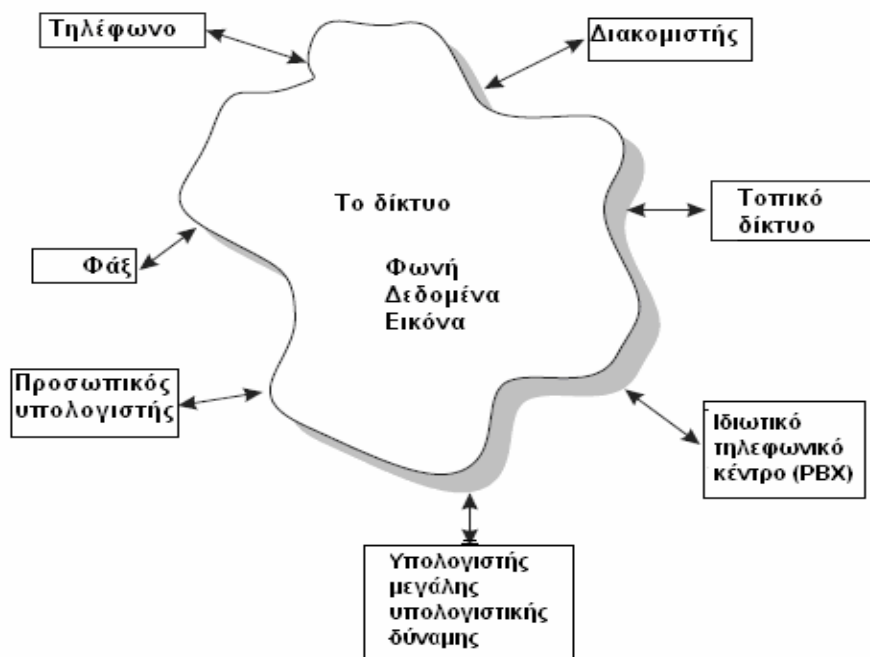
Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο είναι ουσιαστικά άμεση επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών χωρίς τη χρήση χαρτιού ως μέσο.

1.3 Δίκτυα: Μια προοπτική συστημάτων

Η ευκολία με την οποία κάθε τηλέφωνο μπορεί να φτάσει οποιοδήποτε άλλο τηλέφωνο είναι πραγματικά ένα θαύμα και περιλαμβάνει ένα πανταχού παρόν δίκτυο, που αποτελείται από πολλά διαφορετικά επίπεδα και με διαφορετική γεωγραφική κάλυψη. Σε ευρύτερο εννοιολογικό επίπεδο, τηλέφωνα, συσκευές τηλεομοιοτυπίας (φαξ) και προσωπικοί υπολογιστές όλοι χρησιμοποιούν και μοιράζονται το ίδιο δίκτυο, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1, στο οποίο τα σήματα μπορεί να αντιπροσωπεύουν φωνή, δεδομένα και πληροφορίες εικόνας. Μια σειρά από τεχνολογίες συνεργάζονται για να δημιουργήσουν ένα δίκτυο. Τα σήματα φωνής και δεδομένων λειτουργούν έτσι ώστε να φτάσουν μόνο στον προορισμό τους. Σήματα μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις μέσω διαφόρων μέσων μετάδοσης. Το σύνολο των δικτύων που διευκολύνουν την τηλεπικοινωνία από άκρο σε άκρο ελέγχονται από μόνα τους από διάφορα σήματα, τα οποία λένε στις μηχανές μεταγωγής τι συνδέσεις να εκτελέσουν και που να αναθέτουν κανάλια μετάδοσης.

Υπάρχει σημαντικός εξοπλισμός και εγκαταστάσεις - εκτός της τηλεφωνικής γραμμής - όταν γίνεται μια τηλεφωνική κλήση. Το τηλεφωνικό μέσο, μαζί με ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλωμάτων μετάδοσης, επιτρέπει σε κάθε τηλέφωνο να συνδεθεί γρήγορα με οποιοδήποτε άλλο τηλέφωνο οπουδήποτε στον πλανήτη Γη. Αυτό το

δίκτυο μεταγωγής είναι μια εκτεταμένη διευκόλυνση που επιτρέπει στο κοινό να διεξάγει συνομιλίες φωνής πάνω από σχεδόν οποιαδήποτε απόσταση. Το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο μεταγωγής όχι μόνο συνδέει τηλέφωνα για συνομιλίες φωνής, αλλά μπορεί να συνδέσει ένα τερματικό υπολογιστή σε μια μακρινή ηλεκτρονική τράπεζα δεδομένων, ένα μηχάνημα φαξ σε άλλο μηχάνημα φαξ για να μεταδώσει μια εικόνα ή μια επιστολή κατά μήκος των ωκεανών. Το ίδιο δίκτυο μπορεί να μεταφέρει τον ήχο μιας άρρωστης καρδιάς σε έναν ειδικό πολλά χιλιόμετρα μακριά για εξελιγμένη ανάλυση μέσω υπολογιστή και διάγνωση. Το τηλεφωνικό σύστημα και το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο είναι ευέλικτα μέσα που εξυπηρετούν πολλούς σκοπούς επικοινωνίας. Είναι εδώ σήμερα, διαθέσιμα προς χρήση, κάθε μέρα και σύμφωνα με τις δικές μας ανάγκες και επιθυμίες.



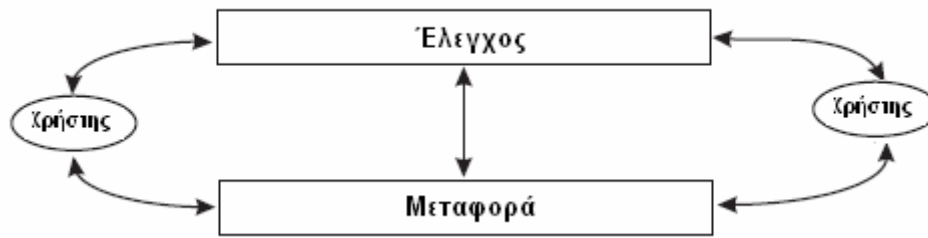
Σχήμα 1.1 Η υπηρεσία τηλεπικοινωνιών είναι δυνατή μόνο επειδή ένα δίκτυο επιτρέπει σε μια ευρεία ποικιλία συσκευών να επικοινωνούν. Τηλέφωνα, συσκευές φαξ, προσωπικοί υπολογιστές, υπολογιστές μεγάλης υπολογιστικής ισχύος (mainframe), και τοπικά δίκτυα δεδομένων μπορούν να μοιράζονται όλο το δίκτυο και να επικοινωνούν εξ αποστάσεως.

Ιστορικά, φωνή, φαξ, και τοπική κυκλοφορία των δεδομένων από τους προσωπικούς υπολογιστές, πραγματοποιείται μέσω του τηλεφωνικού δικτύου, και η μεταφορά δεδομένων υψηλής ταχύτητας έχει μεταφερθεί σε ξεχωριστά δίκτυα δεδομένων, αν και αυτά τα δίκτυα θα μπορούσαν να μοιράζονται κοινές εγκαταστάσεις μετάδοσης. Σήμερα, αυτά τα διαφορετικά είδη κυκλοφορίας συγκλίνουν, και τα τελευταία όρια μεταξύ φωνής και δεδομένων εξαφανίζονται.

1.4 Μετάδοση, μεταγωγή και σηματοδοσία

Τα σήματα μεταδίδονται μέσω φυσικής απόστασης σε μία ευρεία ποικιλία μέσων μετάδοσης. Σύρματα από χαλκό χρησιμοποιούνται με τη μορφή μονωμένων συρμάτων και ζευγών και με τη μορφή του εξωτερικού αγωγού να τοποθετείται ομοαξονικά γύρω από ένα εσωτερικό αγωγό, το λεγόμενο ομοαξονικό καλώδιο. Τα ραδιοκύματα ταξιδεύουν μεταξύ πύργων κεραιών που βρίσκονται κατά μήκος της επιφάνειας της γης, αλλά και από τη γη προς τους δορυφόρους επικοινωνίας που βρίσκονται ψηλά πάνω από τον ισημερινό σε γεωστατική τροχιά. Τα μέσα μετάδοσης έχουν μεγάλο κόστος για να εγκατασταθούν σε ολόκληρες ηπείρους και κάτω από ωκεανούς, και ως εκ τούτου, ένα μέσο πρέπει να το χρησιμοποιούν πολλοί χρήστες και τα αντίστοιχα σήματά τους. Πολλά σήματα συνδυάζονται μεταξύ τους μέσω της **πολυπλεξίας**. Πολυπλεξία μπορεί να επιτυγχάνεται δίνοντας σε κάθε σήμα μοναδική ζώνη συχνότητας (μια τεχνική που ονομάζεται **πολυπλεξία με διαίρεση συχνότητας**), ή με τη μετατροπή του σήματος σε ψηφιακή μορφή και κατόπιν ανάθεση συγκεκριμένης θέσης σε μια χρονική ακολουθία σε κάθε σήμα (μια τεχνική που ονομάζεται **πολυπλεξία με διαίρεση χρόνου**).

Ένας χρήστης του δικτύου επικοινωνιών θα πρέπει να επικοινωνήσει μόνο με έναν άλλο χρήστη. Έτσι, το σήμα επικοινωνίας που παράγεται από το χρήστη πρέπει να μεταδοθεί και να συνδεθεί μόνο στον άλλο χρήστη. Αυτό το είδος της τηλεφωνικής επικοινωνίας (ένας προς έναν) την κάνει να διαφέρει από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης που χρησιμοποιούν το είδος της μαζικής εκπομπής, όπως η τηλεόραση και ραδιοφωνικές εκπομπές. Η σύνδεση των σημάτων από έναν χρήστη με έναν άλλο επιτυγχάνεται με την μεταγωγή του σήματος, καθώς οδεύει από μια θέση σε άλλη. Αρχικά, οι τηλεφωνικές κλήσεις μεταφέρονταν με φυσική σύνδεση καλωδίων, για να μπορεί να δημιουργηθεί μια άμεση ηλεκτρική σύνδεση από το ένα τηλέφωνο στο άλλο που θα μπορούσε να διατηρηθεί για όλη τη διάρκεια της κλήσης. Αυτός ο τύπος μεταγωγής ονομάζεται **μεταγωγή κυκλώματος**. Σήμερα οι περισσότερες μεταγωγές στο τηλεφωνικό δίκτυο επιτυγχάνονται με τη σύνδεση των κατάλληλων ψηφιακών bits από το ένα κύκλωμα στο άλλο (μία μορφή **εικονικού κυκλώματος μεταγωγής** διότι μια εικονική σύνδεση διατηρείται σε όλη τη διάρκεια της κλήσης). Ένα μεγάλο μέρος της κυκλοφορίας δεδομένων αποτελείται από σύντομες ριπές. Είναι απαραίτητο να μεταδοθεί η σύντομη ριπή δεδομένων από την πηγή προς τον προορισμό, αλλά δεν υπάρχει ανάγκη να διατηρηθεί μια πλήρης σύνδεση για όλη τη διάρκεια επικοινωνίας των δεδομένων. Μια σύντομη ριπή δεδομένων μπορεί να εντοπισθεί σε κάθε προορισμό και σε κάθε πηγή και να ενεργοποιηθεί βαθμιαία κατά μήκος ενός δικτύου καθώς αυτή ταξιδεύει προς τον προορισμό της. Αυτό το είδος των δεδομένων μεταγωγής ονομάζεται **μεταγωγή πακέτων** και αποτελεί τη βάση για internet σήμερα. Η φωνητική τηλεφωνία και τα δεδομένα θα μπορούσαν να ενσωματωθούν μεταξύ τους στο μέλλον, με την ανάπτυξη των δικτύων μεταγωγής πακέτων στα οποία η φωνή χωρίζεται σε μικρά σταθερού μήκους πακέτα (είναι μια μορφή μεταγωγής που ονομάζεται **ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς, ATM**). Τα τηλεφωνικά δίκτυα εκτελούν την μεταγωγή και την μετάδοση μετά από εντολές και οδηγίες που εκδίδονται από ένα δίκτυο ελέγχου, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2. Τα συστήματα μεταγωγής σε ένα δίκτυο πρέπει να καθοδηγούνται ως προς το ποια σύνδεση να κάνουν, οι χρήστες πρέπει να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν το δίκτυο ανάλογα με την εφαρμογή και οι κόμβοι μετάδοσης θα πρέπει να διαφοροποιηθούν ανάλογα με ποια κυκλώματα είναι σε αδράνεια ή σε χρήση. Αυτή η πλευρά του ελέγχου του τηλεφωνικού δικτύου ονομάζεται **σηματοδοσία**. Σημαντικές πρόοδοι έχουν γίνει στην σηματοδοσία και πολλά από τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με "έξυπνα" δίκτυα καθίστανται δυνατά από τη σύγχρονη τεχνολογία σηματοδοσίας. Η πραγματική μεταγωγή και μετάδοση της κίνησης των πελατών γίνεται μέσω ενός δικτύου μεταφοράς. Τα δίκτυα μεταφοράς μπορεί να είναι φυσικές εγκαταστάσεις.

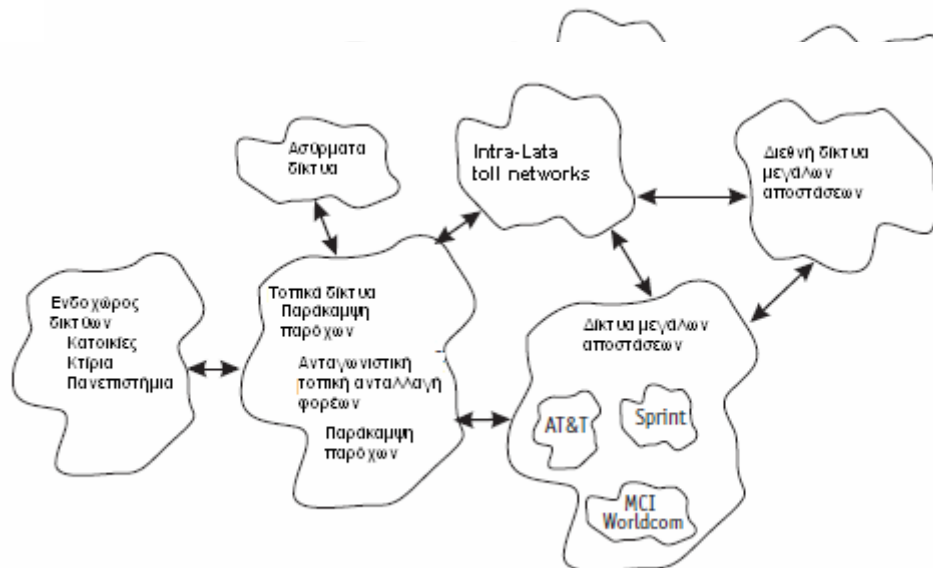


Σχήμα 1.2 Η μεταφορά των σημάτων πραγματοποιείται υπό τις εντολές ενός δικτύου ελέγχου. Η έκδοση εντολών που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του τηλεφωνικού δικτύου ονομάζεται σηματοδοσία.

1.5 Το υπερ-δίκτυο

Υπό την ευρύτερη έννοια, ο όρος «δίκτυο» σημαίνει οποιοδήποτε μέσο για τη σύνδεση ατόμων μεταξύ τους. Το τηλεφωνικό δίκτυο συνδέει μία τηλεφωνική γραμμή με μια άλλη. Τηλέφωνα, συσκευές τηλεομοιοτυπίας, και μόντεμ μπορούν να συνδεθούν με τις τηλεφωνικές γραμμές διευκολύνοντας έτσι τις επικοινωνίες μεταξύ των ανθρώπων είτε με την ομιλία είτε με την εικόνα και μεταξύ ανθρώπων και υπολογιστών. Δεδομένου ότι ο όρος «δίκτυο» σημαίνει κάθε μέσο σύνδεσης, τα καλώδια τηλεφώνου στο σπίτι μας αποτελούν εγκαταστάσεις ενδο-δικτύου, τα καλώδια από το σπίτι μας στην κοντινότερη τηλεφωνική εταιρεία μεταγωγής προς ένα άλλο δίκτυο και οι μεγάλης απόστασης εγκαταστάσεις του απομακρυσμένου μεταφορέα, διαμορφώνουν ένα ακόμη δίκτυο. Το τηλεφωνικό δίκτυο είναι έτσι ένα σύνολο δικτύων (υπερ-δίκτυο), όπως απεικονίζεται στο σχήμα 1.3. Όλα αυτά τα διαφορετικά δίκτυα πρέπει να συνεργάζονται απρόσκοπτα όταν χρησιμοποιούν το τηλεφωνικό δίκτυο - με την ευρύτερη έννοια, συνδέουν ανθρώπους μεταξύ τους. Ορισμένα από τα δίκτυα καθορίζονται από την γεωγραφία της τεχνολογίας, όπως είναι τα καλώδια μέσα σε ένα σπίτι ή ένα κτίριο γραφείων. Τα τοπικά ζεύγη καλωδίων χαλκού που συνδέουν τα σπίτια με το τοπικό γραφείο της τηλεφωνικής εταιρείας διαμορφώνουν ένα τοπικό δίκτυο που διαμορφώνεται από την τοπική αρχιτεκτονική της τεχνολογίας. Δίκτυα μεγάλων αποστάσεων καλύπτουν μία ήπειρο και επίσης διαμορφώνονται και καθορίζονται από τη γεωγραφία. Άλλα δίκτυα ορίζονται ως επί το πλείστον με θέματα πολιτικής που καθορίζεται από κυβερνητικές υπηρεσίες. Οι τοπικές περιοχές υπηρεσιών του τηλεφωνικού συστήματος ονομάζονται **περιοχές τοπικής πρόσβασης και μετάδοσης (ΤΠΠΜ)**. Οι κλήσεις εντός των ΤΠΠΜ αναφέρονται ως **αστικές κλήσεις**, ενώ οι κλήσεις μεταξύ των ΤΠΠΜ, αναφέρονται ως **υπεραστικές κλήσεις**.

Ένα τοπικό τηλεφωνικό κέντρο ονομάζεται **“exchange”** (ανταλλαγή). Αυτή η ορολογία έχει τις ρίζες της στην πρώιμη τηλεφωνική υπηρεσία, όπου οι άνθρωποι οι οποίοι χειρίζονταν το τοπικό τηλεφωνικό κέντρο αντάλλασαν γραμμές, σχηματίζοντας έτσι τις φυσικές συνδέσεις. Σήμερα, σε ένα τηλεφωνικό δίκτυο, μπορούν να υπάρχουν τα **αστικά** και **υπεραστικά τηλεφωνικά κέντρα**.



Σχήμα 1.3 Το υπερ-δίκτυο αποτελείται από πολλά ξεχωριστά δίκτυα, τα οποία μπορεί να είναι δίκτυα εντός επιχειρήσεων, τοπικά, ασύρματα, αστικά, υπεραστικά και διεθνή δίκτυα.

Τα τηλεοπτικά σήματα που μεταφέρονται με ομοαξονικά καλώδια σε σπίτια, αποτελούν την **καλωδιακή τηλεόραση**. Αυτή περιλαμβάνει δίκτυα, που σχηματίζονται από ομοαξονικά καλώδια που είναι διαμορφωμένα υπό μορφή αρχιτεκτονικής δέντρου με κορμούς και κλαδιά, που τελικά καταλήγουν στον αποκωδικοποιητή καλωδιακής, που συνδέεται με τον δέκτη τηλεόρασης στο σπίτι. Το δίκτυο καλωδιακής τηλεόρασης, σε αντίθεση με το τηλεφωνικό δίκτυο και τα δίκτυα δεδομένων, είναι μονόδρομο και δεν αλλάζει. Αυτό θα μπορούσε να αλλάξει στο μέλλον με τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις, καθώς τα καλωδιακά δίκτυα του μέλλοντος θα μπορούσαν να αλλάξουν (αμφίδρομα δίκτυα), ενσωματώνοντας την μεταφορά φωνής, δεδομένων και βίντεο.

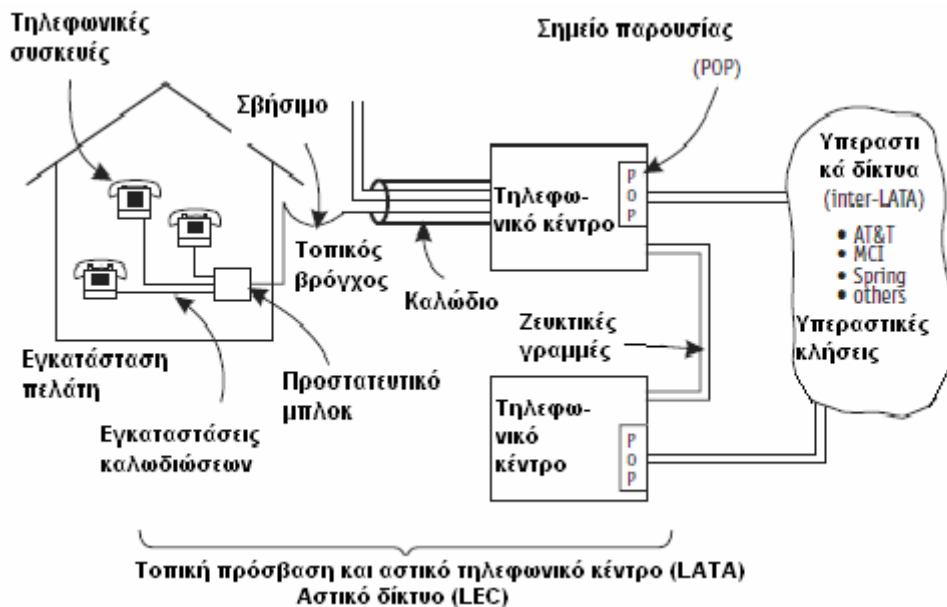
1.6 Δημόσια και ιδιωτικά δίκτυα

Τα **εικονικά δίκτυα** χρησιμοποιούνται από μεγάλες επιχειρήσεις ως υποκατάστατο για τη δημιουργία και διατήρηση των ιδιωτικών, φυσικών δικτύων τους. Δεκαετίες πριν, οι επιχειρήσεις μίσθωναν κυκλώματα ιδιωτικών γραμμών από την βασική εταιρεία τηλεφωνίας, για να δημιουργήσουν τα δικά τους ιδιωτικά δίκτυα για εσωτερική χρήση από τους υπαλλήλους τους, συνδέοντας συνήθως τις διάφορες επιχειρησιακές θέσεις. Τα κυκλώματα αυτά μπορούσαν να είναι ιδιωτικές γραμμές βαθμίδων φωνής (VGPL), γραμμές υψηλής ταχύτητας δεδομένων ή εάν η κίνηση ήταν επαρκής, μια ειδική ψηφιακή γραμμή ικανή να μεταφέρει κυκλώματα 24 καναλιών φωνής. Ένα εικονικό δίκτυο δημιουργείται ως υποδίκτυο του δημόσιου δικτύου, γεγονός που σημαίνει ότι η δημόσια και ιδιωτική επικοινωνία μεταφέρονται πάνω από το ίδιο φυσικό δίκτυο, αν και χωρίζονται σε εικονικό χώρο. Το τηλεφωνικό δίκτυο, όπως προαναφέρθηκε, είναι κύκλωμα (ή εικονικό κύκλωμα) μεταγωγής. Δεδομένου ότι το τηλεφωνικό δίκτυο είναι διαθέσιμο σε όλους, έχει γίνει γνωστό ως το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο μεταγωγής (PSTN). Εδώ, ο όρος «μεταγωγή» χρησιμοποιείται σε αντίθεση με τα δίκτυα που έχουν δημιουργηθεί από γραμμές, οι οποίες μισθώνονται και δεν υφίστανται μεταγωγή. Σήμερα, τα ιδιωτικά δίκτυα υφίστανται μεταγωγή και μοιράζονται τον χώρο με τα δημόσια δίκτυα στις ίδιες φυσικές εγκαταστάσεις.

1.7 Μια προοπτική των συστημάτων – το τηλεφωνικό δίκτυο

Το πιο ορατό στοιχείο της τηλεφωνικής υπηρεσίας, ή της τηλεφωνίας, είναι η ίδια η τηλεφωνική συσκευή. Όλες οι τηλεφωνικές συσκευές στο σπίτι ή την επιχείρηση συνδέονται με καλώδια που αναφέρονται ως **εσωτερική καλωδίωση**. Οι τηλεφωνικές συσκευές, μαζί με άλλες τέτοιες συσκευές όπως τις συσκευές τηλεομοιοτυπίας και τους τηλεφωνικούς αυτόματους τηλεφωνητές, αναφέρονται ως **εξοπλισμός εγκαταστάσεων πελατών** (CPE - Customer Premises Equipment). Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.4, όλη η εσωτερική καλωδίωση συγκεντρώνεται μέσα στις εγκαταστάσεις του πελάτη σε κάποιο κεντρικό σημείο. Αυτό το κεντρικό σημείο συνδέεται στη συνέχεια με ένα μόνο ζεύγος συρμάτων, το οποίο ονομάζεται **τοπικός βρόχος**, το οποίο συνδέει τις εγκαταστάσεις με μια μακρινή κεντρική τοποθεσία που μπορεί να είναι ένας **κατανεμητής** ή ένα **τηλεφωνικό κέντρο**. Η εσωτερική καλωδίωση και ο εξοπλισμός πελατών προστατεύονται από επικίνδυνες τάσεις, όπως είναι αυτές που προκαλούνται από κεραυνούς, από ένα προστατευτικό μπλοκ (protector block) το οποίο βρίσκεται στο σημείο της σύνδεσης της εσωτερικής καλωδίωσης στον τοπικό βρόχο. Ο τοπικός βρόχος ονομάζεται έτσι επειδή υπάρχουν δύο καλώδια, τα οποία κατά τη διάρκεια των πρώτων ημερών της τηλεφωνίας ήταν εμφανή, σχηματίζοντας μια σύνδεση βρόχου.

Τα ζεύγη καλωδίων πολλών τοπικών βρόχων από πολλές εγκαταστάσεις συνδυάζονται μαζί σε ένα παχύ καλώδιο. Το καλώδιο μπορεί να στερεωθεί σε τηλεφωνικούς θαλάμους ή υπόγεια. Όλα τα καλώδια από μια τοπική περιοχή καταλήγουν στο τηλεφωνικό κέντρο που εξυπηρετεί όλες τις εγκαταστάσεις που υπάγονται στη δικαιοδοσία του.



Σχήμα 1.4 Δομή τηλεφωνικού δικτύου.

Ο εξοπλισμός στο τηλεφωνικό κέντρο παρέχει πολλές χρήσιμες λειτουργίες, όπως έναν ήχο κλήσης για να σηματοδοτήσει στον τηλεφωνικό χρήστη ότι η συσκευή είναι έτοιμη για να αρχίσει την κλήση. Η συσκευή λαμβάνει τον αριθμό που καλείται, τον ερμηνεύει, και αρχίζει τα αναγκαία βήματα για να γίνει η σύνδεση κατά την οποία θα συμβεί η τηλεφωνική συνομιλία.

Αν ο καλούμενος εξυπηρετείται από το ίδιο τηλεφωνικό κέντρο, η σύνδεση γίνεται αμέσως και πιο απλά. Αν ο καλούμενος βρίσκεται εντός της ίδιας άμεσης γεωγραφικής περιοχής, αλλά εξυπηρετείται από ένα άλλο τηλεφωνικό κέντρο, η σύνδεση γίνεται αρχικά μέσω των ζευκτικών γραμμών που συνδέουν τα τηλεφωνικά κέντρα και στη συνέχεια η τελική σύνδεση γίνεται στο τηλεφωνικό κέντρο που εξυπηρετεί τον καλούμενο συνδρομητή.

Αν ο καλούμενος βρίσκεται μακριά σε ένα απόμακρο μέρος του κράτους ή σε άλλο κράτος, τότε η συσκευή στο τηλεφωνικό κέντρο του καλούντος θα κάνει μια σύνδεση με το υπεραστικό δίκτυο. Ο εξοπλισμός και οι εγκαταστάσεις στο υπεραστικό δίκτυο θα δημιουργήσουν ένα κύκλωμα το οποίο συνδέεται με το μακρινό τηλεφωνικό κέντρο που εξυπηρετεί τον καλούμενο, όπου θα συμβεί η τελική σύνδεση. Όλο αυτό συμβαίνει τυπικά μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα.

Κατά τη διάρκεια των πρώτων ημερών της τηλεφωνίας (και σήμερα, επίσης), ορίστηκε μία σταθερή (flat rate) χρέωση, που επιτρέπει στον καλούντα να κάνει απεριόριστες κλήσεις μέσα σε μια τοπική περιοχή. Κλήσεις εκτός αυτής της περιοχής χρεώνονται με βάση την απόσταση και τη διάρκεια της κλήσης. Αυτές οι κλήσεις ονομάζονται υπεραστικές και το δίκτυο μεγάλων αποστάσεων ονομάζεται υπεραστικό δίκτυο.

Σήμερα, το εθνικό υπεραστικό δίκτυο έχει γίνει η σύνθεση ενός πλήθους ξεχωριστών λειτουργικών εγκαταστάσεων. Τα σημερινά υπεραστικά δίκτυα και τα τοπικά δίκτυα επίσης, ελέγχονται από υπολογιστές και προσφέρουν πολλά εξελιγμένα χαρακτηριστικά έτσι ώστε να καλούνται συχνά **έξυπνα δίκτυα**.

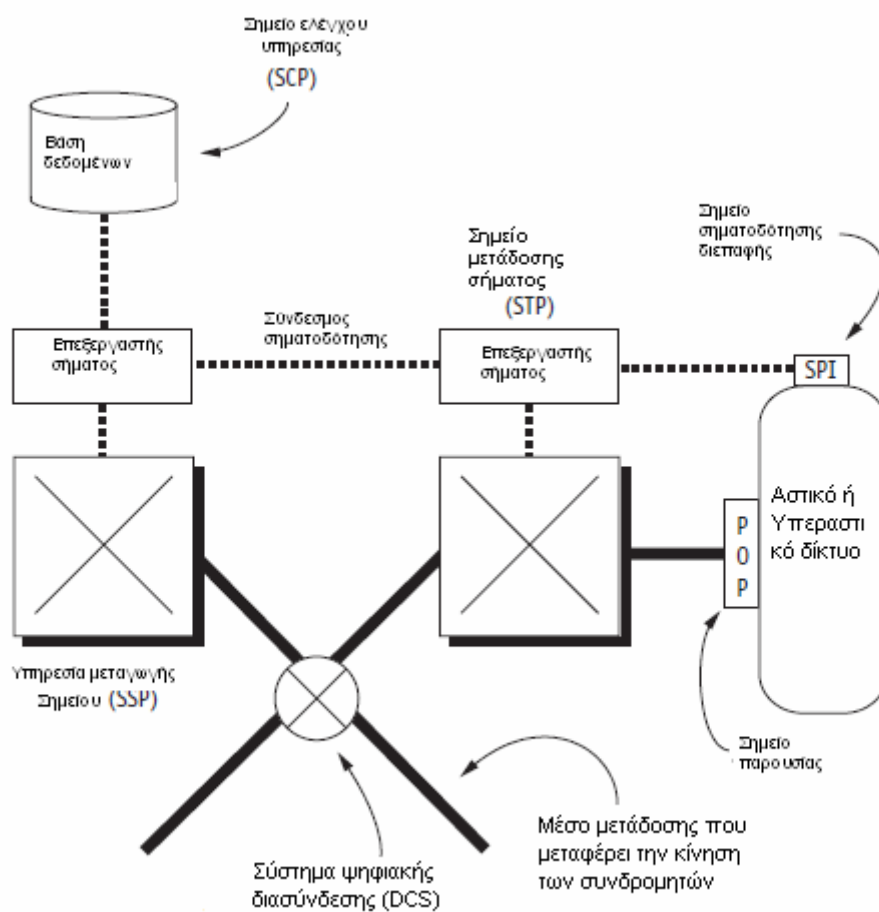
1.8 Μια προοπτική συστημάτων- το έξυπνο δίκτυο

Ένα δίκτυο είναι σε θέση να προσφέρει ευφυή χαρακτηριστικά επειδή τα σήματα ελέγχου μεταφέρονται σε ένα ξεχωριστό αποκλειστικό δίκτυο, που ονομάζεται κοινό κανάλι σηματοδότησης του δικτύου, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.5. Το κοινό κανάλι σηματοδότησης του δικτύου είναι ένα ενεργοποιημένο πακέτο και φέρει τα σήματα που ελέγχουν την κίνηση του δικτύου μεταφοράς των συνδρομητών.



Σχήμα 1.5 Τα ευφυή δίκτυα προσφέρουν χαρακτηριστικά μέσω της ευελιξίας ενός ξεχωριστού δικτύου σηματοδότησης κοινού καναλιού, που ελέγχει την μεταγωγή και την κατανομή της τηλεπικοινωνιακής κίνησης των συνδρομητών.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.6, το δίκτυο σηματοδοσίας επικοινωνεί μεταξύ των επεξεργαστών σήματος που ελέγχουν τα συστήματα μεταγωγής, τα οποία εκτελούν τη μεταγωγή των κυκλωμάτων και των σημάτων στο δίκτυο μεταφοράς που μεταφέρει την κίνηση των πελατών. Η διάταξη μεταγωγής βρίσκεται σε ένα σημείο μεταγωγής υπηρεσίας (SSP-service switching point) και ο επεξεργαστής σήματος βρίσκεται στο σημείο μεταφοράς σημάτων (STP-signal transfer point). Το τοπικό (αστικό) δίκτυο συνδέεται σε μία γραμμή σηματοδοσίας μέσω της διεπαφής σηματοδοσίας και σε ζευκτικές γραμμές στο σημείο παρουσίας (POP-Point Of Presence). Μια βάση δεδομένων με πληροφορίες σχετικές με τους συνδρομητές και τους τηλεφωνικούς αριθμούς τους βρίσκεται σε ένα σημείο ελέγχου υπηρεσίας (SCP-service control point). Αυτή η βάση δεδομένων προσπελαύνεται για να προσδιορίσει πληροφορίες ώστε οι κλήσεις να κατευθύνονται προς τον κατάλληλο προορισμό.



Σχήμα 1.6 Η σηματοδοσία του δικτύου επικοινωνεί μεταξύ των επεξεργαστών σήματος που ελέγχουν τα συστήματα μεταγωγής, τα οποία εκτελούν τη μεταγωγή των κυκλωμάτων και σημάτων στο δίκτυο μεταφοράς που μεταφέρει την κίνηση των συνδρομητών. Το σύστημα μεταγωγής βρίσκεται στο SSP, και ο επεξεργαστής σήματος βρίσκεται στο STP.

1.9 Ψηφιακοί κόμβοι διασύνδεσης **(Digital cross-connects)**

Κατά την πρώιμη τηλεφωνία οι ζευκτικές γραμμές, μερικές φορές έπρεπε να διασυνδέονται. Οι διασυνδέσεις γίνονταν με καλώδια τα οποία συνέδεαν μία φυσική γραμμή με μία άλλη. Με τις σύγχρονες ψηφιακές ζευκτικές γραμμές που μεταφέρουν χιλιάδες κυκλώματα φωνής, μία τέτοια φυσική διασύνδεση δεν θα ήταν εφικτή. Έτσι εφευρέθηκε η ηλεκτρονική διασύνδεση, για να χειριστεί αυτές τις υψηλής χωρητικότητας ζευκτικές γραμμές. Η πρώτη εφαρμογή στις αρχές του 1980 στις Η.Π.Α., ονομάστηκε **σύστημα ψηφιακής πρόσβασης και διασύνδεσης (DACS-digital access and cross-connect system)**. Σήμερα, ονομάζεται ψηφιακό σύστημα διασύνδεσης (DCS- digital cross-connect system).

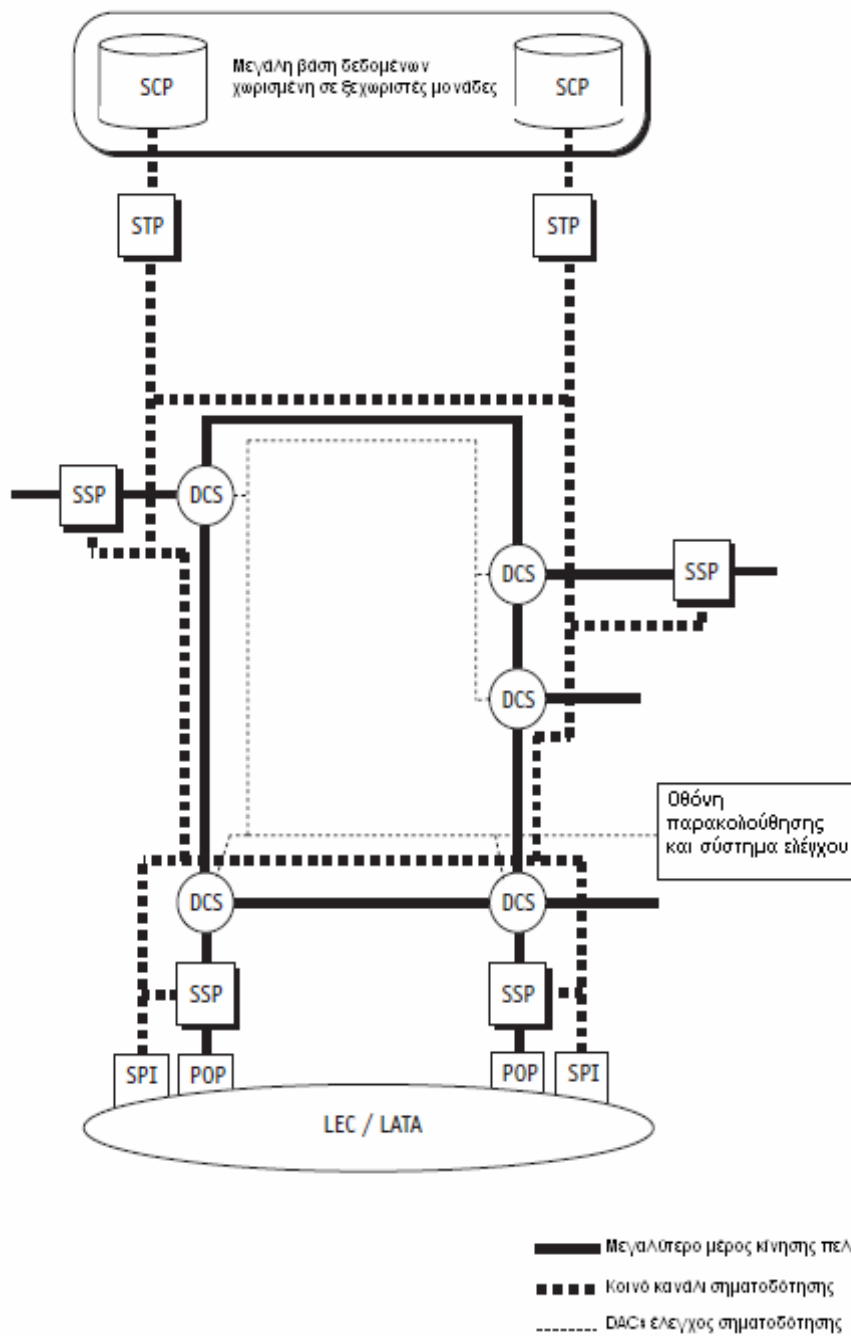
Ένα μέσο μετάδοσης που μεταφέρει την κίνηση των συνδρομητών μπορεί να είναι διασυνδεθεί με ένα άλλο μέσο, συνήθως σε μεγαλύτερο επίπεδο κίνησης, μέσω ενός ψηφιακού συστήματος διασύνδεσης. Οι ψηφιακές διασυνδέσεις λαμβάνουν οδηγίες από τα δικά τους δίκτυα μεταγωγής πακέτων (σχήμα 1.7) υπό την καθοδήγηση μιας οθόνης παρακολούθησης και ενός συστήματος ελέγχου (FMCS-facility monitor and control system).

Ένα ψηφιακό σύστημα διασύνδεσης DCS είναι πρωτίστως ένας τρόπος για να εκτελεστεί ηλεκτρονική διασύνδεση, ή ανακατεύθυνση των σημάτων από μία φυσική γραμμή σε μία άλλη. Σήμερα, τέτοιες γραμμές είναι συνήθως οι οπτικές ίνες που μεταφέρουν τα ψηφιακά σήματα (αυτό που είναι γνωστό ως ένα σύγχρονο οπτικό δίκτυο - SONET).

Ένα DCS μπορεί να μειώσει τον αριθμό των φυσικών γραμμών (μια εφαρμογή που ονομάζεται «**συγχώνευση**»), συνδυάζοντας κανάλια από έναν αριθμό φυσικών γραμμών επάνω σε μία ενιαία γραμμή. Τα κανάλια μπορούν να ομαδοποιηθούν σε μία γραμμή (μια εφαρμογή γνωστή ως «**τακτοποίηση**»). Ένας αριθμός καναλιών μπορούν να συνδυαστούν (ή να πολυπλεχθούν) επί μίας γραμμής υψηλότερης ταχύτητας.

Οι μεγάλες μητροπολιτικές περιοχές εξυπηρετούνται από δίκτυα που έχουν διαμορφωθεί υπό μορφή μεγάλων δακτυλίων, ή βρόχων, έτσι ώστε μια διακοπή σε ένα τμήμα ενός δακτυλίου μπορεί να παρακαμφθεί μεταβαίνοντας γύρω από μια άλλη κατεύθυνση του δακτυλίου. Με τον τρόπο αυτό, η υπηρεσία μπορεί γρήγορα να αποκατασταθεί σε περίπτωση διακοπής.

Η διατήρηση του υψηλού βαθμού ποιότητας των υπηρεσιών είναι απαραίτητη, δεδομένης της κρίσιμης σημασίας των τηλεπικοινωνιών στο σημερινό κόσμο. Η διακοπή λειτουργίας της υπηρεσίας πρέπει να αποφεύγεται, και εφόσον συμβεί, η υπηρεσία θα πρέπει να επανασυνδεθεί το συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα. Αυτό σημαίνει ότι τα κυκλώματα πρέπει να είναι διασυνδεδεμένα από τη μία εγκατάσταση στην άλλη με ένα δυναμικό τρόπο και αυτό επιτυγχάνεται με τα ψηφιακά συστήματα διασύνδεσης που βρίσκονται σε όλο το δίκτυο.



Σχήμα 1.7 Οι συνδέσεις μετάδοσης που μεταφέρουν την κίνηση των συνδρομητών εμφανίζονται ως συνεχείς γραμμές. Οι χοντρές διακεκομμένες γραμμές αντιπροσωπεύουν το κοινό κανάλι σηματοδότησης, το οποίο δίνει οδηγίες στα συστήματα μεταγωγής στα SSPs. Οι λεπτές διακεκομμένες γραμμές αντιπροσωπεύουν σηματοδότηση μεταξύ των DCSs.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Ηλεκτρονικά Συστήματα μεταγωγής

Εισαγωγή

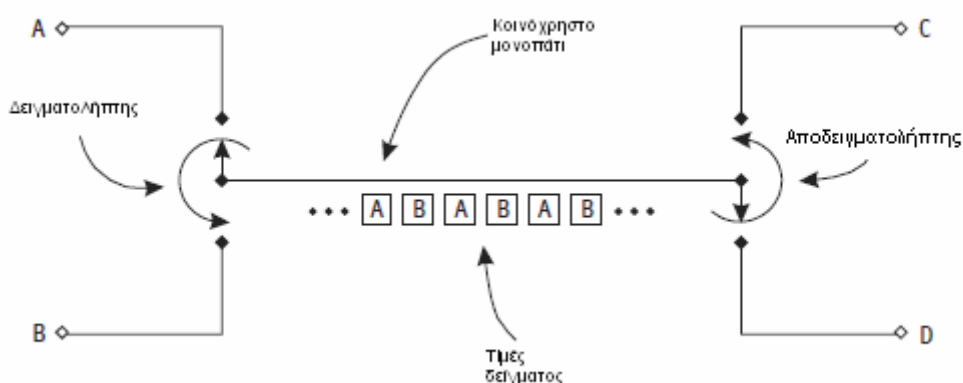
Στην πιο γενική έννοια, η ηλεκτρονική μεταγωγή αναφέρεται στη χρήση ενός προγραμματιζόμενου ηλεκτρονικού ψηφιακού υπολογιστή για τον έλεγχο της λειτουργίας του συστήματος μεταγωγής, όπου η μεταγωγή των κυκλωμάτων, μπορεί να γίνει με **διαίρεση χώρου** ή με **διαίρεση χρόνου**. Η μεταγωγή διαίρεσης χρόνου είναι επίσης γνωστή ως **ψηφιακή μεταγωγή**.

2.1 Μεταγωγή με διαίρεση χρόνου

2.1.1 Βασικές αρχές

Στη **μεταγωγή με διαίρεση χρόνου**, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1, χωριστές συνομιλίες μοιράζονται την ίδια ηλεκτρική διαδρομή διαμέσου του συστήματος μεταγωγής, αλλά διαχωρίζονται στο χρόνο. Στην ουσία, η διαδρομή είναι διαμοιρασμένη χρονικά. Κάθε συνομιλία υφίσταται δειγματοληψία και οι τιμές των δειγμάτων για κάθε συνομιλία «πακετάρονται» μαζί πάνω από την κοινόχρηστη διαδρομή, για μετάδοση. Στο σημείο προορισμού, οι τιμές των δειγμάτων διαχωρίζονται και δρομολογούνται στην κατάλληλη συνομιλία. Σαφώς, η μεταγωγή διαίρεσης χρόνου είναι η πλέον κατάλληλη για τα σήματα που έχουν υποστεί δειγματοληψία και έχουν ψηφιοποιηθεί. Για το λόγο αυτό, τα συστήματα μεταγωγής με διαίρεση χρόνου κοινώς ονομάζονται **ψηφιακοί διακόπτες**.

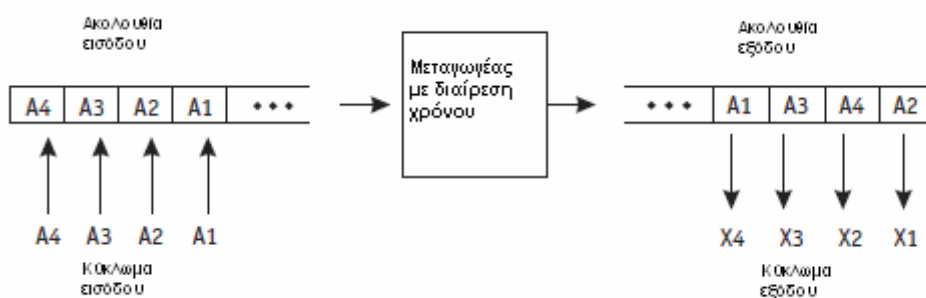
Κατά την **μεταγωγή με διαίρεση χώρου**, οι διαδρομές των σημάτων ενεργοποιούνται σε φυσικό χώρο. Κατά την μεταγωγή με διαίρεση χρόνου, οι τιμές των δειγμάτων ενός αριθμού σημάτων που μοιράζονται μια κοινή διαδρομή, αναδιοργανώνονται ή μεταγόνται ως προς τη χρονική ακολουθία τους.



Σχήμα 2.1 Στη μεταγωγή με διαίρεση χρόνου, υπάρχει μια κοινή διαδρομή για πολλά κυκλώματα για πολύ μικρά χρονικά διαστήματα. Σε αυτό το παράδειγμα, το σήμα στο κύκλωμα A δειγματοληπτείται από ένα διακόπτη δειγματοληψίας, και αυτές οι τιμές δειγματοληψίας διασπείρονται μεταξύ των τιμών δείγματος από το κύκλωμα B για μετάδοση μέσω μιας κοινής, κοινόχρηστης διαδρομής. Στο άλλο άκρο, οι τιμές των δειγμάτων στιγμιαία συνδέονται με τα κυκλώματα C και D σε μια τέτοια σειρά, έτσι ώστε τα δείγματα από το A κύκλωμα πηγαίνουν στο κύκλωμα D και τα δείγματα από το κύκλωμα B πηγαίνουν στο κύκλωμα C.

2.1.2 Εναλλαγή χρονοθυρίδων

Έστω μια διαδρομή μεταδόσεως που μεταφέρει τα σήματα από τέσσερα ψηφιακά κυκλώματα φωνής. Οι ψηφιοποιημένες τιμές των δειγμάτων, A1, A2, A3 και A4, που αντιστοιχούν στα 4 ψηφιακά κυκλώματα ρέουν σειριακά κατά μήκος της διαδρομής μεταδόσεως με τη σειρά A1-A2-A3-A4 και ούτω καθεξής, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2. Τα οκτώ δυαδικά ψηφία της ψηφιακής πληροφορίας, A1, στην πρώτη χρονοθυρίδα αντιστοιχούν στο πρώτο κύκλωμα, η δεύτερη χρονοθυρίδα αντιστοιχεί στο δεύτερο κύκλωμα και ούτω καθεξής. Αυτή η ροή ψηφιακής πληροφορίας σχηματίζει τα bits εισόδου σε ένα διακόπτη διαίρεσης χρόνου. Η έξοδος από τον διακόπτη είναι ομοίως μία ροή ψηφιακής πληροφορίας. Ωστόσο, η ακολουθία έχει αναδιαταχθεί από τον διακόπτη. Η πρώτη χρονοθυρίδα περιέχει τώρα το A2, η δεύτερη χρονοθυρίδα περιέχει το A4, η τρίτη χρονοθυρίδα περιέχει το A3 και η τέταρτη χρονοθυρίδα περιέχει το A1.



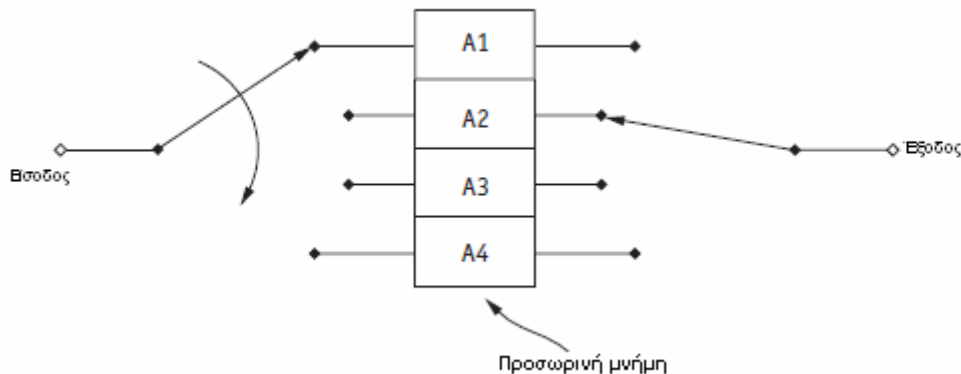
Σχήμα 2.2 Η μεταγωγή διαίρεσης χρόνου επιτυγχάνεται απλά με αναδιάταξη της ακολουθίας της πληροφορίας που περιέχονται στις χρονοθυρίδες σε μια ψηφιακή διαδρομή μετάδοσης. Σε αυτό το παράδειγμα, το κύκλωμα εισόδου A1 συνδέεται με το κύκλωμα εξόδου X4 (το A2 στο X1, το A3 στο X3 και το A4 στο X2). Η τεχνική αυτή ονομάζεται **εναλλαγή χρονοθυρίδων (time-slot interchange)**.

Στην πρώτη χρονοθυρίδα, η πληροφορία στην ακολουθία της εξόδου συνδέεται με το πρώτο κύκλωμα εξόδου, το X1, η δεύτερη χρονοθυρίδα συνδέεται με το δεύτερο κύκλωμα εξόδου, X2 και ούτω καθ' εξής. Έτσι, σε αυτό το παράδειγμα, αφού η πρώτη χρονοθυρίδα στην ακολουθία εξόδου περιέχει το A2, το δεύτερο κύκλωμα εισόδου έχει στην πραγματικότητα συνδεθεί με το πρώτο κύκλωμα εξόδου, X1. Ομοίως, το A4 έχει συνδεθεί με το X2, το A3 με το X3, και το A1 με το X4.

Στην περίπτωση αυτή, η μεταγωγή έχει επιτευχθεί με την απλή εναλλαγή της πληροφορίας που περιέχεται στις χρονοθυρίδες. Αυτό ονομάζεται **μεταγωγή με διαίρεση χρόνου** και επιτυγχάνεται με μια τεχνική που ονομάζεται **εναλλαγή χρονοθυρίδων**. Δεδομένου ότι τα σήματα που μεταφέρονται σε ένα σύστημα μεταγωγής με διαίρεση χρόνου είναι ψηφιακά, τα συστήματα μεταγωγής με διαίρεση χρόνου μερικές φορές ονομάζονται **ψηφιακοί διακόπτες**.

Η εναλλαγή χρονοθυρίδων εκτελείται μέσω της χρήσης μιας προσωρινής αποθήκευσης που ονομάζεται **ενδιάμεση μνήμη**. Η πληροφορία που περιέχεται στις χρονοθυρίδες εισόδου εγγράφεται διαδοχικά μέσα στην προσωρινή μνήμη, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3. Στη συνέχεια η πληροφορία διαβάζεται από τη μνήμη, με διαφορετική ακολουθία που αντιστοιχεί στην επιθυμητή σειρά μεταγωγής.

Απαιτείται χρόνος για την γραφή των πληροφοριών στη μνήμη και στη συνέχεια για την ανάγνωση των πληροφοριών από τη μνήμη. Αυτό το χρονικό διάστημα ονομάζεται **κυκλικός χρόνος εγγραφής / ανάγνωσης της μνήμης** και καθορίζει τον μέγιστο αριθμό των χρονοθυρίδων που μπορούν να αποθηκευτούν στην προσωρινή μνήμη. Η πληροφορία σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία στην προσωρινή μνήμη, συνήθως περιμένει για λίγο πριν την ανάγνωση. Αυτός ο χρόνος αναμονής συμβάλλει στην **καθυστέρηση του σήματος**. Η μέγιστη καθυστέρηση είναι το συνολικό μήκος του χρόνου του συνόλου των χρονοθυρίδων που αποθηκεύονται στην προσωρινή μνήμη. Επειδή συνήθως οι χρονοθυρίδες για ένα πλήρες πλαίσιο αποθηκεύονται στην προσωρινή μνήμη, η μέγιστη καθυστέρηση είναι το μήκος ενός πλαισίου, το οποίο είναι 1/8000 δευτ. ή 125 μs.



Σχήμα 2.3 Η εναλλαγή χρονοθυρίδων εκτελείται μέσω της χρήσης μιας προσωρινής μνήμης εντός της οποίας τα δείγματα εισόδου εγγράφονται σύμφωνα με την ακολουθία που λαμβάνεται. Τα δείγματα στη συνέχεια διαβάζονται από τη μνήμη με μία διαφορετική ακολουθία από έναν προγραμματιζόμενο διακόπτη. Η διάταξη του διακόπτη εξόδου στο παράδειγμα αυτό είναι 2-4-3-1, αναδιατάσσοντας έτσι τα δείγματα εξόδου για να αντιστοιχεί στην μεταγωγή του σχ. 2.2.

Συνήθως, ο αριθμός των ψηφιακών κυκλωμάτων που εμπλέκονται σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα είναι μεγάλος. Αυτά τα ψηφιακά κυκλώματα προέρχονται από γραμμές ψηφιακής μετάδοσης πάνω στις οποίες, ένας αριθμός από ψηφιακά κυκλώματα έχουν πολυπλεχθεί, μέσω πολυπλεξίας με διαίρεση χρόνου. Εναλλακτικά, τα ψηφιακά κυκλώματα μπορεί να προέρχονται από έναν αριθμό αναλογικών κυκλωμάτων φωνής που έχουν ψηφιοποιηθεί και πολυπλεχθεί σε μία ψηφιακή γραμμή, αποκλειστικά με σκοπό να υποστούν μεταγωγή, σε ένα σύστημα μεταγωγής με διαίρεση χρόνου. Είτε έτσι είτε αλλιώς, συνήθως εμπλέκονται μια σειρά από φυσικώς ξεχωριστές γραμμές πολυπλεξίας. Επειδή ένα κύκλωμα σε μια γραμμή πολυπλεξίας μπορεί να χρειαστεί να υποστεί μεταγωγή σε ένα κύκλωμα μιας άλλης γραμμής πολυπλεξίας, είναι απαραίτητη κάποια μορφή φυσικής μεταγωγής μεταξύ διαφορετικών ψηφιακών γραμμών πολυπλεξίας. Τέτοια φυσική μεταγωγή επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ένα διακόπτη χώρου και επομένως τα συστήματα μεταγωγής με διαίρεση χρόνου περιλαμβάνουν συνήθως ένα συνδυασμό και των δύο διακοπών, χώρου και χρόνου.

Ο διακόπτης χώρου που χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα μεταγωγής με διαίρεση χρόνου είναι συνήθως ένας διακόπτης «πίνακα», ο οποίος πρέπει να μεταβάλλει συνεχώς τις ειδικές συνδέσεις του, ανάλογα με το ποιες χρονοθυρίδες από διαφορετικές φυσικές γραμμές πρέπει να υποστούν μεταγωγή σε άλλες γραμμές. Επειδή αυτός ο διακόπτης χώρου εκτελεί συνεχώς διακοπές στο χρόνο και μοιράζεται από πολλές γραμμές, είναι στην πραγματικότητα ένας διακόπτης χώρου με πολυπλεξία στο χρόνο και ονομάζεται **πολυπλεγμένος διακόπτης χώρου**.

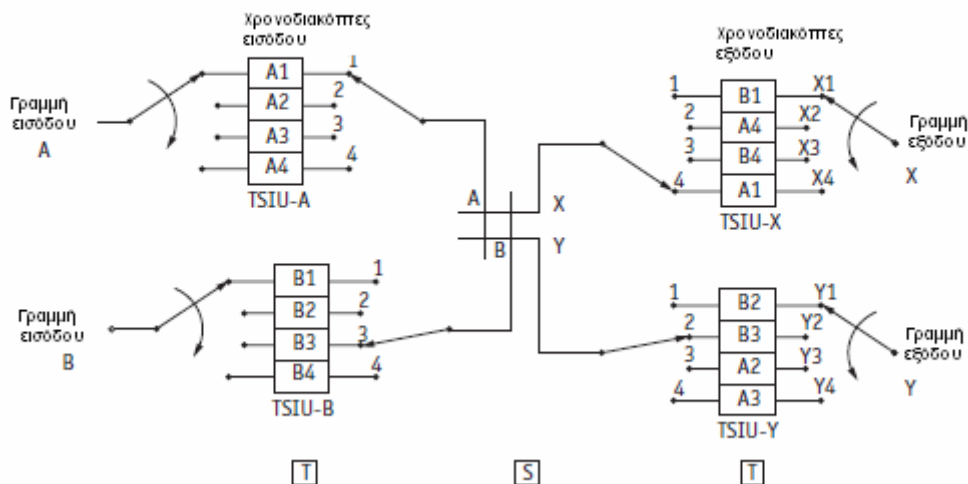
2.1.3 Παράδειγμα ενός ψηφιακού συστήματος μεταγωγής TST (time, space and time)

Τα δίκτυα μεταγωγής που χρησιμοποιούνται στα περισσότερα ψηφιακά συστήματα μεταγωγής χρησιμοποιούν τόσο μεταγωγή με διαίρεση χρόνου όσο και μεταγωγή με διαίρεση χώρου. Η αλληλουχία των διακοπών χρόνου (T) και των διακοπών χώρου (S) κατηγοριοποιεί το σύστημα μεταγωγής. Το ακόλουθο παράδειγμα έχει τρία στάδια μεταγωγής με την ακόλουθη σειρά: μεταγωγή με διαίρεση χρόνου (T), μεταγωγή με διαίρεση χώρου (S) και μεταγωγή με διαίρεση χρόνου (T). Αυτός ο τύπος του συστήματος μεταγωγής ονομάζεται **δίκτυο μεταγωγής TST**.

Ένα παράδειγμα, που υιοθετήθηκε από τον Hills (1978), αποσαφηνίζει τις έννοιες αυτές. Στο σχήμα 2.4, δύο ψηφιακές γραμμές οι A και B, μεταφέρει κάθε μία τέσσερα ψηφιακά κυκλώματα, τα οποία πρέπει να συνδεθούν σε δύο άλλες ψηφιακές γραμμές, X και Y, κάθε μία από τις οποίες μεταφέρει επίσης τέσσερα ψηφιακά κυκλώματα. Οι συνδέσεις πρέπει να γίνουν ως εξής:

A1<->X4	B1<->X1
A2<->Y3	B2<->Y1
A3<->Y4	B3<->Y2
A4<->X2	B4<->X3

Οι ψηφιακές γραμμές εισόδου A και B είναι η καθεμία συνδεδεμένη με μονάδες χρονοθυρίδων διασύνδεσης. Τα ψηφιακά δείγματα από κάθε γραμμή εγγράφονται στις δύο προσωρινές μνήμες με τη σειρά που ελήφθησαν. Οι ψηφιακές γραμμές εξόδου X και Y είναι επίσης συνδεδεμένες σε δύο μονάδες χρονοθυρίδων διασύνδεσης και τα δείγματα για κάθε γραμμή εξόδου διαβάζονται από τις προσωρινές μνήμες, κατά σειρά από την πρώτη θέση στη μνήμη προς την τελευταία.



Σχήμα 2.4 Αυτό το ψηφιακό δίκτυο μεταγωγής συνδέει τα τέσσερα κυκλώματα κάθε μίας από τις δύο γραμμές εισόδου με τα τέσσερα κυκλώματα κάθε μίας από τις δύο γραμμές εξόδου. Η μεταγωγή γίνεται σε τρία στάδια: μεταγωγή με διαίρεση χρόνου, μεταγωγή με διαίρεση χώρου και μεταγωγή με διαίρεση χρόνου.

Ο διακόπτης πολυπλεξίας χώρου με δύο εισόδους και δύο εξόδους συνδέει τις τέσσερις μονάδες χρονοθυρίδων διασύνδεσης. Ο διακόπτης χώρου αυτοαναδιαμορφώνεται συνεχώς για να στείλει τις κατάλληλες τιμές δείγματος από τις προσωρινές μνήμες εισόδου προς τις κατάλληλες θέσεις στις προσωρινές μνήμες εξόδου. Τα δεδομένα εισόδου φθάνουν σε ρυθμό 32.000 χρονοθυρίδες ανά δευτερόλεπτο. Έτσι, ο διακόπτης πολυπλεξίας χώρου χρειάζεται να αυτοαναδιαμορφωθεί 32.000 φορές ανά δευτερόλεπτο. Ο χρόνος μεταγωγής είναι ο χρόνος μεταξύ των αναδιαμορφώσεων, και σε αυτό το παράδειγμα ο χρόνος μεταγωγής είναι 1/32000 δευτερόλεπτα, ή 31,25 μs.

Η πληροφορία που αποθηκεύεται στην είσοδο των μονάδων χρονοθυρίδων διασύνδεσης (TSIUs), διαβάζεται από τις προσωρινές μνήμες με τη σειρά που καθορίζεται από τον διακόπτη χώρου. Παρόμοια, η πληροφορία που εισέρχεται στις TSIUs εξόδου, ακολουθεί την λειτουργία του διακόπτη χώρου. Όλο το δίκτυο μεταγωγής πρέπει να εκτελείται σε τέλειο συγχρονισμό, σύμφωνα με το γενικό σχέδιο μεταγωγής. Το σχέδιο μεταγωγής για το απλό σύστημα TST φαίνεται στον πίνακα 2.1. Για παράδειγμα, κατά το χρόνο μεταγωγής 2, η πληροφορία που περιέχεται στη χρονοθυρίδα A4 της γραμμής εξυπηρέτησης A (TSIU-A), μετάγεται από τον διακόπτη χώρου στη γραμμή που εξυπηρετεί την έξοδο X (TSIU-X). Αυτή η γραμμή αποθηκεύει την πληροφορία στη δεύτερη θυρίδα για μεταγενέστερη σύνδεση με το X2. Επομένως, η A4 έχει μεταχθεί στην X2.

Σαφώς, ακόμα και για ένα τέτοιο απλό παράδειγμα, η διαδικασία είναι περίπλοκη και απαιτεί ακριβή σειρά μεταγωγής όλων των διακοπών στο δίκτυο. Αυτή η σειρά μεταγωγής προσδιορίζεται από τον υπολογιστή που ελέγχει το σύστημα μεταγωγής και ο οποίος ανταποκρίνεται προς τις ανάγκες μεταγωγής των διαφόρων κυκλωμάτων. Δεδομένου ότι όλα τα κυκλώματα εισόδου μπορούν να συνδεθούν ταυτόχρονα με όλα τα κυκλώματα εξόδου, το TST δίκτυο μεταγωγής στο παράδειγμα αυτό είναι ένας «μη-παρακωλύων διακόπτης».

Χρόνος μεταγωγής	Διακόπτης χώρου		Διακόπτης χρόνου		X	Y
	A	B	A	B		
1	X	Y	1	3	4	2
2	X	Y	4	2	2	1
3	Y	X	3	4	3	4
4	Y	X	2	1	1	3

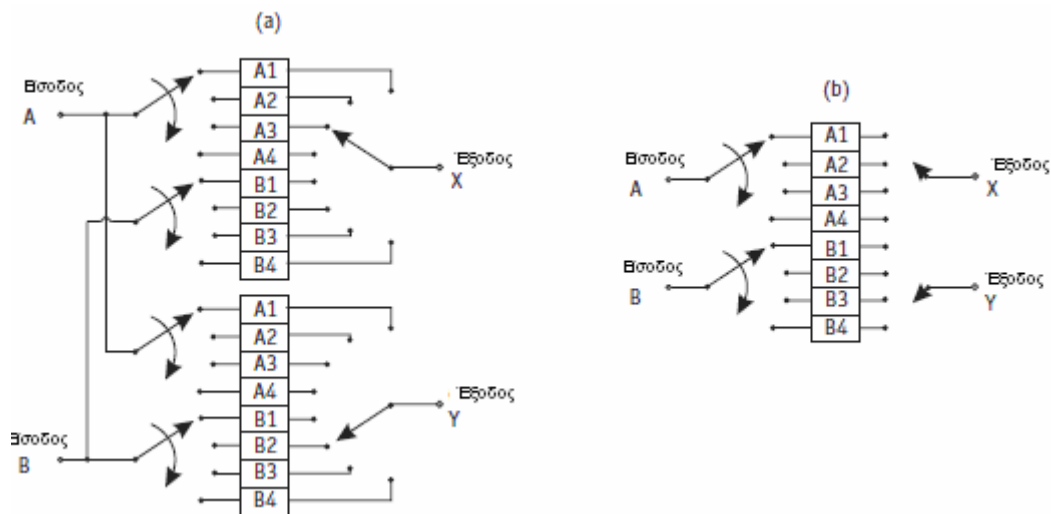
Πίνακας 2.1

Οι διάφοροι διακόπτες χρόνου και χώρου στο δίκτυο μεταγωγής του σχήματος 2.4.

2.1.4 Άλλοι τρόποι μεταγωγής

Οι μεγάλες προσωρινές μνήμες ήταν δαπανηρές στο παρελθόν, καθώς επίσης και οι κυκλικοί χρόνοι εγγραφής / ανάγνωσης ήταν κάπως μεγάλοι. Έτσι, αποφεύχθηκε η χρήση μεγάλων προσωρινών μνημών, μέσω της χρήσης των διακοπών πολυπλεξίας χώρου, για τη σύνδεση ψηφιακών κυκλωμάτων σε διαφορετικές γραμμές εισόδου και εξόδου. Ωστόσο, το κόστος αποθήκευσης συνεχίζει να μειώνεται, όπως επίσης και οι κυκλικοί χρόνοι εγγραφής και ανάγνωσης. Ως εκ τούτου, μεγάλες προσωρινές μνήμες και λιγότεροι διακόπτες πολυπλεξίας χώρου, θα χρησιμοποιούνται σε μελλοντικά ψηφιακά συστήματα μεταγωγής.

Το προηγούμενο παράδειγμα έκανε χρήση ενός συνδυασμού μεταγωγής χρόνου και χώρου για να επιτευχθεί η μεταγωγή. Η ίδια μεταγωγή θα μπορούσε να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας δύο μεγάλες προσωρινές μνήμες, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.5 (a). Τα δείγματα εισόδου από τις δύο γραμμές εισόδου εγγράφονται παράλληλα και στις δύο προσωρινές μνήμες. Κάθε προσωρινή μνήμη στη συνέχεια, εξυπηρετεί μία γραμμή εξόδου. Μία εναλλακτική προσέγγιση, υποθέτοντας ότι μία προσωρινή μνήμη μπορεί να έχει πολλαπλές ταυτόχρονες εισόδους και εξόδους, θα ήταν η χρήση μιας ενιαίας προσωρινής μνήμης, όπως φαίνεται τμήμα της στο σχήμα 2.5 (b).



Σχήμα 2.5 Ο χρονικά πολυπλεγμένος διακόπτης χώρου μπορεί να αποφευχθεί χρησιμοποιώντας μεγαλύτερες μνήμες: (α) δύο προσωρινές μνήμες χρησιμοποιούνται για τις δύο γραμμές εξόδου και όλες οι χρονοθυρίδες εισόδου εγγράφονται παράλληλα και στις δύο (β) μία προσωρινή μνήμη αποθήκευσης με εισόδους και εξόδους διπλής πρόσβασης επιτυγχάνει την ίδια μεταγωγή.

2.2 Ιδιωτικά τηλεφωνικά κέντρα **(Private branch exchanges)**

Πολλές επιχειρήσεις και οργανισμοί έχουν ανάγκη το δικό τους αποκλειστικό σύστημα μεταγωγής, το οποίο είναι στην πραγματικότητα ένα τηλεφωνικό κέντρο που ενεργεί ως ένας κλάδος ενός κεντρικού τηλεφωνικού κέντρου, για ιδιωτική χρήση του οργανισμού. Τέτοια συστήματα μεταγωγής ονομάζονται **ιδιωτικά τηλεφωνικά κέντρα (PBX)**. Το PBX συνήθως τοποθετείται στις εγκαταστάσεις της επιχείρησης ή του οργανισμού.

Οι διάφορες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για τα PBX πηγαίνουν παράλληλα με την εξέλιξη των τεχνολογιών και συστημάτων μεταγωγής που χρησιμοποιούνται για τη μεταγωγή τηλεφωνικού δικτύου. Τα πρώτα PBX ήταν χειροκίνητοι πίνακες με διακόπτες, που λειτουργούνταν από ανθρώπους και συνήθως βρίσκονταν κοντά στην είσοδο της επιχείρησης, έτσι ώστε ο χειριστής να μπορεί να λειτουργεί και ως υπάλληλος υποδοχής. Ο χειριστής γνώριζε που βρισκόταν το προσωπικό και μπορούσε να πάρει μηνύματα και κλήσεις και να τα προωθήσει ανάλογα με τις ανάγκες. Στη συνέχεια αναπτύχθηκαν ασύρματοι πίνακες με διακόπτες για να διευκολύνουν το έργο του χειριστή.

Ο ρόλος του χειριστή αυτοματοποιήθηκε με τη χρήση ηλεκτρομηχανικών τεχνολογιών, όπως το βηματοπορικό και το ραβδεπαφικό σύστημα, τα οποία προσαρμόστηκαν για χρήση στα PBX. Αυτά τα αυτοματοποιημένα PBX ονομάζονται **ιδιωτικά αυτόματα τηλεφωνικά κέντρα (PABX)**. Η μεταγωγή με διαίρεση χρόνου με χρήση ψηφιακής τεχνολογίας και έλεγχος με υπολογιστή, έχει δημιουργήσει μια ολόκληρη νέα γενιά ιδιωτικών κέντρων, που ονομάζονται **ιδιωτικά τηλεφωνικά κέντρα με Η/Υ (CBXs)**. Ο όρος τηλεφωνικό κέντρο εξακολουθεί να χρησιμοποιείται και αναφέρεται γενικά σε οποιοδήποτε τύπο ιδιωτικού τηλεφωνικού κέντρου, είτε πρόκειται για αυτόματο, ηλεκτρονικό, ή με Η/Υ.

Μερικά από τα νεότερα PBXs χρησιμοποιούν μεταγωγή με διαίρεση χρόνου ψηφιακών σημάτων ομιλίας παλμοκωδικής διαμόρφωσης (PCM). Χρησιμοποιούνται ειδικά τηλεφωνικά όργανα που εκτελούν μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα και μεταδίδουν ψηφιακά σήματα μέσω της τοπικής εσωτερικής καλωδίωσης. Το ψηφιακό σήμα μπορεί επίσης να αντιπροσωπεύει κείμενο και έτσι αυτό το είδος πλήρως ψηφιακών κέντρων εφαρμόζονται ιδιαίτερα στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και στην εξ αποστάσεως πρόσβαση σε ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων. Δεδομένου ότι τα σήματα ομιλίας έχουν ήδη ψηφιοποιηθεί, αυτά τα PBX χρησιμοποιούν συχνά γραμμές τύπου T1, για την πρόσβαση στο τοπικό τηλεφωνικό κέντρο και στο δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο.

Τα σύγχρονα PBX μπορεί να είναι αρκετά μεγάλα σε μέγεθος, εξυπηρετώντας χιλιάδες τηλεφωνικές επεκτάσεις σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Πολλές μεγάλες εταιρείες έχουν εγκαταστάσεις σε διάφορες τοποθεσίες σε μία χώρα και ως εκ τούτου είναι πολύ φυσικό να συνδέονται μαζί όλα τα PBX που εξυπηρετούν την κάθε τοποθεσία μέσω ενός ιδιωτικού υπεραστικού δικτύου. Το αποτέλεσμα είναι ένα εταιρικό δίκτυο επικοινωνιών που μπορεί να είναι αρκετά σύνθετο και εκτεταμένο.

Τα περισσότερα PBX επιτρέπουν κλήσεις απευθείας προς το εξωτερικό δημόσιο δίκτυο μεταγωγής, ένα χαρακτηριστικό που ονομάζεται **άμεση εξωτερική κλήση (DOD)**. Ωστόσο, εάν αντιστοιχίζεται ένας μόνο αριθμός τηλεφώνου στο ιδιωτικό τηλεφωνικό κέντρο, τότε όλες οι εισερχόμενες κλήσεις πρέπει να απαντηθούν από

έναν υπάλληλο, ο οποίος κάνει την τελική σύνδεση με τον επιθυμητό συνομιλητή. Μια εναλλακτική προσέγγιση είναι η χρήση της ηχογραφημένης ομιλίας, που ζητά από τον καλούντα να πληκτρολογήσει τον εσωτερικό αριθμό επέκτασης, έτσι ώστε το ίδιο το PBX να μπορεί να κάνει αυτόματα την τελική σύνδεση. Μια ακόμα καλύτερη λύση είναι η εκχώρηση ενός τριψήφιου αριθμού επέκτασης στο ιδιωτικό τηλεφωνικό κέντρο, έτσι ώστε όλες οι εισερχόμενες κλήσεις οποιασδήποτε γνωστής επέκτασης να μπορούν να φτάσουν άμεσα καλώντας την πλήρη αριθμό. Αυτή η δυνατότητα είναι γνωστή ως **απευθείας εισερχόμενη κλήση (DID)**.

Τα PBX έχουν το πλεονέκτημα ότι ο εξοπλισμός τους δεν ελέγχεται από την τηλεφωνική εταιρεία. Επίσης ο χρήστης του PBX έχει τον πλήρη έλεγχο του τηλεπικοινωνιακού του συστήματος και μπορεί να κάνει ό, τι θέλει, όποτε θέλει, χωρίς να περιμένει από την εταιρεία τηλεφωνίας να είναι διαθέσιμη. Ο εξοπλισμός ενός PBX μπορεί να αγοραστεί ή να μισθωθεί.

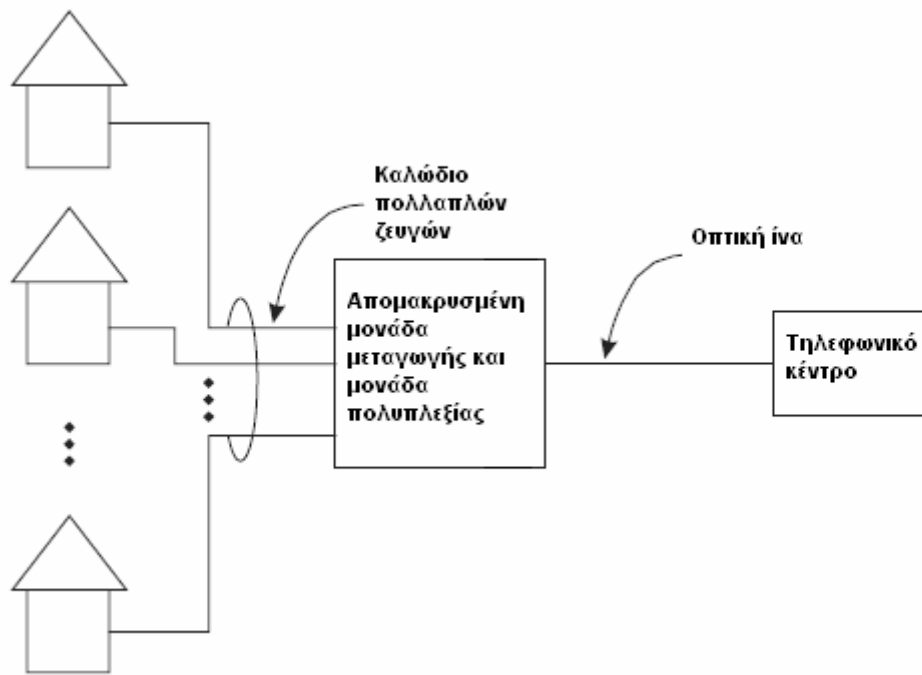
Για μεγάλες εγκαταστάσεις PBX, ο υπεύθυνος διευθυντής, στην πραγματικότητα λειτουργεί μια μικρή τηλεφωνική εταιρεία με όλα τα εγγενή προβλήματα. Μια άλλη λύση είναι η χρήση του συστήματος μεταγωγής στο τοπικό τηλεφωνικό κέντρο, σαν αυτό να ήταν ένα ιδιωτικό τηλεφωνικό κέντρο.

Οι τηλεπωλήσεις (Telemarketing) περιλαμβάνουν τη χρήση του τηλεφώνου, για τις παραγγελίες διάφορων αγαθών και υπηρεσιών. Ένας υπάλληλος απαντά στην κλήση και την βάζει στη σειρά, σε έναν υπολογιστή. Πολλοί υπάλληλοι είναι διαθέσιμοι να απαντήσουν στις κλήσεις και επομένως είναι απαραίτητο ένα μέσο για να διανείμει τις κλήσεις ομοιόμορφα στους διαθέσιμους υπαλλήλους. Αυτή η λειτουργία ονομάζεται αυτόματη διανομή κλήσεων (automatic call distribution-ACD) και εκτελείται με έναν αυτόματο διανομέα κλήσεων εγκατεστημένο στο PBX ή στο τοπικό τηλεφωνικό κέντρο.

2.3 Αξιολόγηση της Μεταγωγής

Η φωνητική επικοινωνία είναι αναλογική. Ως εκ τούτου, θα υπάρχει πάντα η ανάγκη για μετατροπή από αναλογική σε ψηφιακή. Τα περισσότερα τηλεφωνικά όργανα - και φυσικά ο τοπικός βρόχος - είναι αναλογικά. Κάθε τοπικός βρόχος ταξιδεύει σε όλη τη διαδρομή προς το τηλεφωνικό κέντρο, συνεισφέροντας έτσι σε όλα τα καλώδια που βρίσκονται εκεί. Η οπτική ίνα μπορεί να πολυπλέξει μαζί εκατοντάδες (ή και περισσότερο) τηλεφωνικών συνδιαλέξεων και μπορεί να εξαλείψει την ανάγκη για ένα φυσικό ζεύγος συρμάτων για κάθε συνδιάλεξη. Μερικά συστήματα μεταγωγής σε κύρια τηλεφωνικά κέντρα, έχουν διατάξεις μεταγωγής που μπορούν να λειτουργήσουν εξ αποστάσεως από το τηλεφωνικό κέντρο. Η σύζευξη αυτών των απομακρυσμένων διατάξεων με οπτικές ίνες δημιουργεί μία νέα τοπολογία τοπικού δικτύου, στην οποία μόνο τα τελευταία εκατοντάδες μέτρα έχουν ζεύγος καλωδίων, που αντιστοιχεί σε κάθε τηλέφωνο. Τα ζεύγη καλωδίων μεταφέρονται σε μια απομακρυσμένη μονάδα μεταγωγής για μεταγωγή και πολυπλεξία, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.6.

Τα νεότερα ψηφιακά συστήματα μεταγωγής χρησιμοποιούν οπτικές ίνες για τη μεταφορά σημάτων μεταξύ των μονάδων διεπαφής και του δικτύου μεταγωγής. Η μετατροπή των οπτικών σημάτων σε ηλεκτρικά σήματα θα ήταν περιττή αν τα οπτικά σήματα μπορούσαν να υποστούν μεταγωγή απευθείας στις οπτικές ίνες. Η λεγόμενη φωτονική μεταγωγή είναι μια περιοχή συνεχούς έρευνας και θα μπορούσε να βρει εφαρμογή σε συστήματα μεταγωγής του μέλλοντος.



Σχήμα 2.6 Απομακρυσμένες μονάδες μεταγωγής και πολυπλεξίας αλλάζουν την τοπολογία του τοπικού δικτύου.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Επικοινωνίες δεδομένων

Εισαγωγή

Ο τεχνολογία των τηλεπικοινωνιών περιλαμβάνει δύο βασικά είδη «μηνυμάτων»: φωνή και δεδομένα. Τα συστήματα επικοινωνιών φωνής σχεδιάστηκαν από μηχανικούς τηλεφωνικής τεχνολογίας, ενώ συστήματα επικοινωνίας δεδομένων σχεδιάστηκαν από επιστήμονες πληροφορικής. Το γεγονός αυτό έχει δημιουργήσει ένα «σχίσμα» μεταξύ της μεταγωγής κυκλώματος στην τηλεφωνία και της μεταγωγής πακέτων της επικοινωνίας δεδομένων. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν πολλά σημεία σύγκλισης μεταξύ των δύο τεχνολογιών για τη δημιουργία ενός συνολικού, ολοκληρωμένου δικτύου.

3.1 Τηλεφωνικό δίκτυο dial-up

Τεράστιες ποσότητες πληροφοριών είναι αποθηκευμένες σε ηλεκτρονικές τράπεζες δεδομένων ή βάσεις δεδομένων, όπως πιστωτικές ιστορίες, δρομολόγια αεροπορικών εταιρειών και νομικές υποθέσεις. Αυτές οι πληροφορίες είναι προσβάσιμες εξ αποστάσεως με τη χρήση ενός προσωπικού υπολογιστή με απλή δημιουργία τηλεφωνικής σύνδεσης με τη βάση δεδομένων. Έτσι, το τηλεφωνικό δίκτυο είναι το πλέον διαθέσιμο μέσο επικοινωνίας δεδομένων. Ωστόσο, οι υπολογιστές χρησιμοποιούν δυαδικά σήματα (υπό τη μορφή δυαδικών ψηφίων, που ονομάζονται bits) για την επικοινωνία, ενώ το τηλεφωνικό δίκτυο έχει σχεδιαστεί για τα αναλογικά σήματα ομιλίας. Ως εκ τούτου, τα δυαδικά σήματα που απαιτούνται από τον υπολογιστή μετατρέπονται σε αναλογικούς τόνους, οι οποίοι μπορούν να μεταδοθούν μέσω του τηλεφωνικού δικτύου.

Οι τόνοι είναι σήματα φορέα, και ορισμένες από τις παραμέτρους τους μεταβάλλονται ανάλογα με τα δυαδικά δεδομένα. Η διαδικασία που προκαλεί αυτές τις μεταβολές ονομάζεται **διαμόρφωση**, ενώ η διαδικασία της εξαγωγής των δυαδικών δεδομένων ονομάζεται **αποδιαμόρφωση**. Απαιτείται μια συσκευή μεταξύ του υπολογιστή και της τηλεφωνικής γραμμής για να εκτελέσει τη «μετάφραση» μεταξύ των δυαδικών δεδομένων που απαιτούνται από τον υπολογιστή και των διαμορφωμένων τόνων που απαιτούνται για την μετάδοση μέσω του τηλεφωνικού δικτύου. Επειδή η επικοινωνία είναι αμφίδρομη υπόθεση, αυτή η συσκευή πρέπει να εκτελέσει τόσο την διαμόρφωση όσο και την αποδιαμόρφωση του τόνου, ανάλογα με την κατεύθυνση της επικοινωνίας. Μία τέτοια συσκευή είναι ταυτόχρονα διαμορφωτής και αποδιαμορφωτής, και έτσι ονομάζεται **δια-αποδιαμορφωτής (modem)**. Ένα τερματικό δεδομένων συνήθως έχει ενσωματωμένο ένα μόντεμ.

Χρησιμοποιώντας έναν υπολογιστή και ένα μόντεμ, ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει το dial-up τηλεφωνικό δίκτυο για να έχει πρόσβαση στις περισσότερες ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων. Η ταχύτητα της επικοινωνίας μπορεί να είναι χαμηλή (300 bps) αλλά και υψηλή (56.000 bps,). 28.800 bps και 33.600 bps είναι δύο δημοφιλείς ενδιάμεσες ταχύτητες. Τα 4 kHz εύρους ζώνης ενός τηλεφωνικού κυκλώματος μαζί με τον περιορισμό του λόγου σήματος προς θόρυβο

περιορίζουν την χωρητικότητα δεδομένων του dial-up τηλεφωνικού δικτύου. Τα περισσότερα μόντεμ επιτρέπουν την ταυτόχρονη, αμφίδρομη επικοινωνία, ένα είδος επικοινωνίας που ονομάζεται **πλήρως αμφίδρομο (full duplex)**. Ένα σύστημα επικοινωνίας που είναι μονόφορο τη μία φορά και απαιτεί αντιστροφή της κατεύθυνσης της επικοινωνίας για την επίτευξη αμφίδρομης επικοινωνίας, ονομάζεται **ημι-αμφίδρομο (half-duplex)**. Ένα αυστηρά μονόφορο σύστημα επικοινωνίας, όπως οι τηλεοπτικές εκπομπές, ονομάζεται **simplex (μονόφορο)**.

Το dial-up τηλεφωνικό δίκτυο είναι ευρέως διαθέσιμο, εύκολο στη χρήση και πολύ οικονομικό για μεγάλη κίνηση δεδομένων. Ωστόσο, έχει κάποια προβλήματα για την επικοινωνία δεδομένων. Οι μακρύτεροι τοπικοί βρόγχοι έχουν πηνία φόρτισης και αυτά περιορίζουν τις υψηλότερες συχνότητες που μπορούν να μεταφερθούν επί του βρόγχου, περιορίζοντας έτσι το ανώτατο όριο χωρητικότητας δεδομένων. Για ορισμένους τύπους υψηλής ταχύτητας επικοινωνίας δεδομένων, η φόρτιση θα πρέπει να αφαιρεθεί.

Οι καταστολείς της ηχούς που χρησιμοποιήθηκαν σε κυκλώματα μεγάλων αποστάσεων έπαιξαν καταστροφικό ρόλο στην πλήρως αμφίδρομη επικοινωνία δεδομένων και έπρεπε να αφαιρεθούν για ορισμένα είδη πλήρως αμφίδρομης μετάδοσης δεδομένων. Οι καταστολείς της ηχούς δεν επιτρέπουν την ταυτόχρονη αμφίδρομη επικοινωνία, ενώ ο χρόνος που απαιτείται για να αλλάξουν την κατευθυντικότητα του κυκλώματος είναι πολύ μεγάλος για τις υψηλές ταχύτητες των σημάτων δεδομένων. Αυτό το πρόβλημα έχει εξαιρεθεί με σύγχρονους καταστολείς της ηχούς.

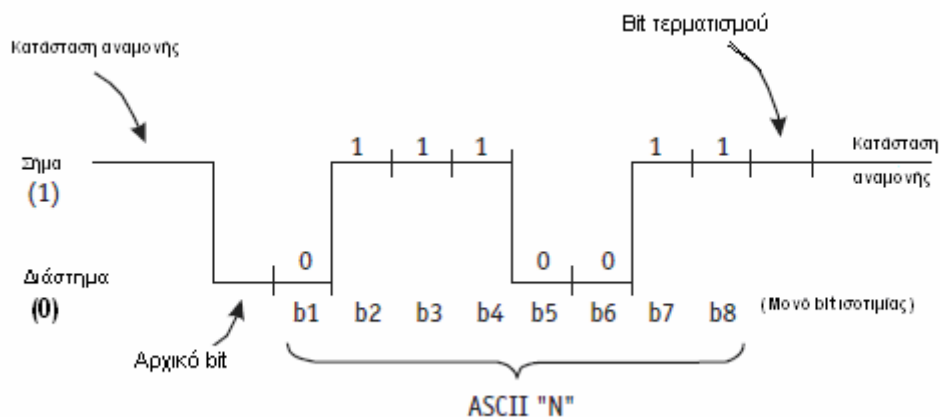
Η ανάγκη για υψηλής ταχύτητας λήψη πληροφοριών από το διαδίκτυο έχει δημιουργήσει ζήτηση για μόντεμ υψηλής ταχύτητας. Σήμερα τα 56 kbps μόντεμ είναι στο όριο ταχύτητας μέσα σε ένα κανάλι των 4 kHz. Ο περιορισμός του εύρους ζώνης προέρχεται από το φίλτρο εξομάλυνσης των 4 kHz στον αναλογικό-ψηφιακό μετατροπέα στο τηλεφωνικό κέντρο ή στον ψηφιακό πολυπλέκτη φωνής. Το πραγματικό εύρος ζώνης του χάλκινου καλωδίου του τοπικού βρόγχου μπορεί να μεταφέρει εύκολα μερικά megabits ανά δευτερόλεπτο, για μήκος βρόγχων μικρότερο των 5500 μέτρων. Αυτό οδήγησε στην πρόσφατη ανάπτυξη της τεχνολογίας που αφορά τις ψηφιακές συνδρομητικές γραμμές, όπως η ασύμμετρη ψηφιακή συνδρομητική γραμμή (ADSL).

3.2 Κώδικας ASCII

Οι περισσότερες από τις πληροφορίες που αποστέλλονται ως δεδομένα στα δίκτυα επικοινωνιών, είναι κείμενο με τη μορφή των αλφαβητικών και αριθμητικών χαρακτήρων. Αυτοί οι χαρακτήρες κωδικοποιούνται ως δυαδική πληροφορία χρησιμοποιώντας τον **αμερικάνικο πρότυπο κώδικα για ανταλλαγή πληροφοριών (ASCII-American Standard Code for Information Interchange)**. Ο κώδικας ASCII χρησιμοποιεί επτά bits για να εκπροσωπήσει συνολικά 128 πιθανούς χαρακτήρες, συμπεριλαμβανομένων των κεφαλαίων και των πεζών χαρακτήρων, αριθμών, ειδικών συμβόλων ελέγχου, και χαρακτήρες όπως / ? & # * %. Ένα επιπλέον όγδοο bit προστίθεται ως ένα bit ανίχνευσης σφάλματος. Έχει οριστεί είτε σε 0 είτε σε 1 για να κάνει τον συνολικό αριθμό των 1 είτε μονό είτε ζυγό αριθμό (ονομάζεται **περιττή ισοτιμία** ή ακόμα και **ισοτιμία**). Ο κώδικας ASCII αναφέρεται ως ένας οκταψηφιος κώδικας. Το σχήμα 3.1 δείχνει τη μετάδοση ASCII για το χαρακτήρα "N."

Μερικά τερματικά δεδομένων μεταδίδουν ένα μόνο χαρακτήρα ASCII τη φορά. Το σύστημα λήψης δεν γνωρίζει πότε η μετάδοση θα μπορούσε να συμβεί και ως εκ τούτου η κατάσταση αδράνειας του συστήματος μετάδοσης πρέπει να αλλάξει για να προειδοποιήσει τον εξοπλισμό λήψης ότι ένας χαρακτήρας πρόκειται να αποσταλεί. Η κατάσταση αδράνειας είναι συνήθως μια συνεχής μετάδοση από 1, που ονομάζονται σήματα, έτσι ώστε οποιαδήποτε διακοπή στη γραμμή να μπορεί να εξακριβωθεί. Έτσι, το πρώτο bit που αποστέλλεται για να προειδοποιήσει τον εξοπλισμό λήψης είναι ένα 0, που ονομάζεται διάστημα. Αυτό ακολουθείται από τα οκτώ bits για το χαρακτήρα ASCII. Το λιγότερο σημαντικό bit b_1 φθάνει πρώτο, ακολουθούμενο από τα άλλα επτά bits, με το bit ισοτιμίας να φθάνει τελευταίο. Θα πρέπει να δοθεί κάποιος χρόνος στο κύκλωμα να επιστρέψει στην κατάσταση αναμονής και ως εκ τούτου, ένα σήμα αποστέλλεται στο τέλος, το λεγόμενο stop bit (bit τερματισμού).

Αυτή η μορφή μετάδοσης δεδομένων στην οποία ένας ενιαίος χαρακτήρας αποστέλλεται κάθε φορά ονομάζεται **ασύγχρονη μετάδοση**. Η ασύγχρονη μετάδοση αποτελεί σπατάλη χωρητικότητας επειδή πρέπει να αποσταλούν για κάθε χαρακτήρα ένα bit έναρξης και ένα bit τερματισμού. Μια πιο αποδοτική μορφή της μετάδοσης δεδομένων είναι η **σύγχρονη μετάδοση**, στην οποία ένα ολόκληρο μπλοκ χαρακτήρων αποστέλλονται σε μία μετάδοση μεγάλης διάρκειας. Μερικοί ειδικοί κώδικες ξεκινούν την μετάδοση για να συγχρονίσουν τον δέκτη, στον ακριβή ρυθμό της μετάδοσης. Αυτό το είδος της μετάδοσης συναντάται στη μεταγωγή μηνύματος και μεταγωγή πακέτων.



Σχήμα 3.1 Ο χαρακτήρας N κωδικοποιείται σε ASCII ως μια σειρά από οκτώ bits που αντιπροσωπεύονται ως «σήματα» και ως «διαστήματα». Το σήμα φτάνει από αριστερά προς τα δεξιά, με την πρώτη άφιξη να είναι ένα bit έναρξης για να προειδοποιήσει τον εξοπλισμό λήψης να περιμένει έναν χαρακτήρα. Στη συνέχεια έρχονται τα επτά bits, με το όγδοο bit να είναι ένα περιττό bit ισοτιμίας. Ένα bit τερματισμού υποδηλώνει το τέλος της μετάδοσης.

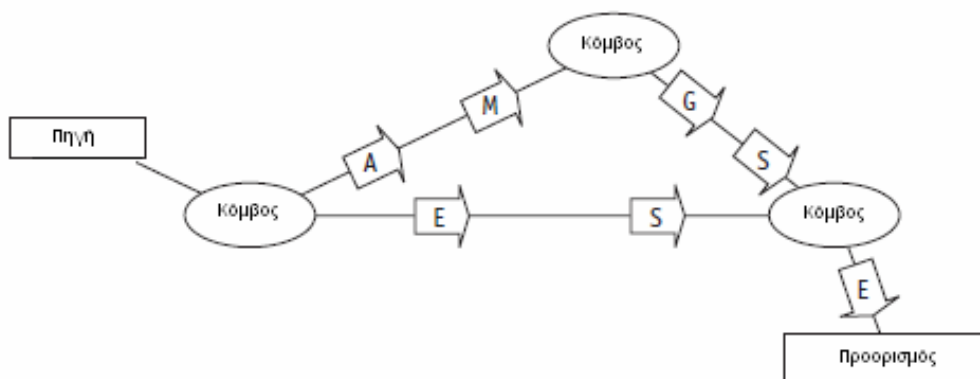
3.3 Μεταγωγή μηνυμάτων και πακέτων

Το τηλεφωνικό δίκτυο είναι ένα σύστημα μεταγωγής γραμμής ή μεταγωγής κυκλώματος. Πρώτα εγκαθίσταται μια πλήρης, αποκλειστική σύνδεση, είτε φυσικά είτε εικονικά και στη συνέχεια ξεκινά μια πραγματική φωνητική συνομιλία. Η φυσική ή εικονική σύνδεση διατηρείται για όλη τη διάρκεια της κλήσης, ακόμη και αν κανείς δεν μιλάει. Αυτός ο τύπος συστήματος είναι καλός για την επικοινωνία ομιλίας, αλλά επιφέρει πολυάριθμα προβλήματα στην επικοινωνία δεδομένων.

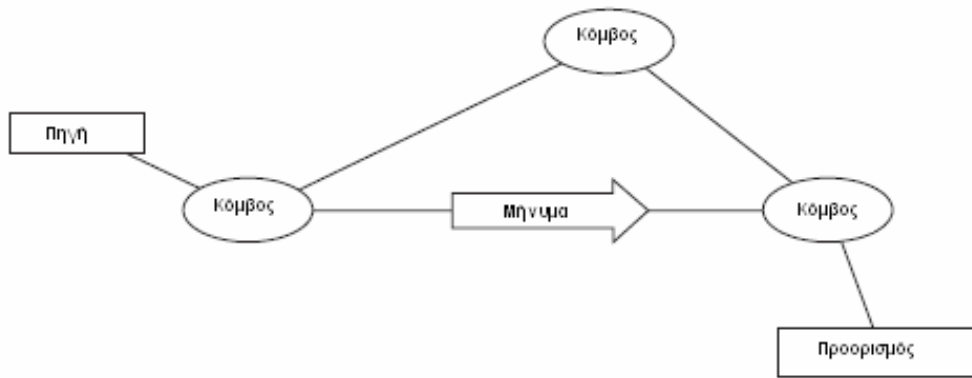
Σε αντίθεση με την επικοινωνία ομιλίας, οι περισσότερες εφαρμογές επικοινωνίας δεδομένων αποτελούνται από μικρές «ριπές» πληροφορίας με ένα σημαντικό ποσοστό «νεκρού» χρόνου μεταξύ κάθε ριπής. Το κύκλωμα μεταγωγής του τηλεφωνικού δικτύου στο οποίο διατηρείται μια πλήρης σύνδεση για όλη τη διάρκεια της κλήσης είναι εξαιρετικά σπάταλο για αυτό το είδος της επικοινωνίας μικρών ριπών πληροφορίας. Οι άνθρωποι είναι πρόθυμοι να καλέσουν έναν αριθμό τηλεφώνου και να περιμένουν δευτερόλεπτα για τη σύνδεση που θα δημιουργηθεί. Οι υπολογιστές απαιτούν άμεση πρόσβαση και δεν μπορούν να περιμένουν άπραγοι για τη σύνδεση του κυκλώματος. Πολλοί χρήστες υπολογιστών αφήνουν τους υπολογιστές συνδεδεμένους στο δίκτυο για μεγάλες χρονικές περιόδους, ακόμη και αν δεν κάνουν αποστολή δεδομένων. Μικρές ριπές πληροφορίας, άμεση πρόσβαση, και μεγάλοι χρόνοι κατοχής της γραμμής χαρακτηρίζουν την επικοινωνία δεδομένων.

Η **μεταγωγή μηνυμάτων** και η **μεταγωγή πακέτων** είναι κατάλληλες για την επικοινωνία δεδομένων. Με την μεταγωγή του μηνύματος και του πακέτου, ο επιδιωκόμενος προορισμός προστίθεται στα δεδομένα που πρέπει να σταλούν. Τα δεδομένα μαζί με τον προορισμό τους υφίστανται σταδιακά μεταγωγή, αποθηκεύονται και διαβιβάζονται μέσω του δικτύου δεδομένων στον τελικό προορισμό τους. Αυτό το είδος της μεταγωγής καλείται επίσης μερικές φορές ως **αποθήκευση και προώθηση επικοινωνίας (store and forward communication)**.

Σε γενικές γραμμές, ένα μήνυμα είναι μία μεγάλη σε διάρκεια ριπή πληροφοριών. Αυτή η ριπή μπορεί να χωριστεί σε μικρότερες ριπές πληροφοριών σταθερού μήκους, που ονομάζονται **πακέτα**. Ένα πακέτο δεδομένων περιλαμβάνει τόσο τη διεύθυνση προορισμού όσο και τη διεύθυνση προέλευσης. Τα πραγματικά δεδομένα είναι συνήθως περίπου 1000 bits. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2, τα πακέτα επιτρέπεται να μεταγόνται και να μεταδίδονται μέσω ενός αριθμού διαφορετικών διαδρομών πριν φθάσουν στον τελικό προορισμό τους, όπου αυτά επανασυναρμολογούνται μέσα σε ένα ολοκληρωμένο μήνυμα. Με τη μεταγωγή μηνύματος που φαίνεται στο σχήμα 3.3, το μήνυμα μεταγεται και μεταδίδεται στο σύνολό του μέσω του δικτύου δεδομένων. Το μήνυμα μπορεί να αποθηκευτεί προσωρινά για κάποιο χρονικό διάστημα κατά μήκος της μετάδοσής του, περιμένοντας για ένα διαθέσιμο κύκλωμα με επαρκή χωρητικότητα.



Σχήμα 3.2 Με την μεταγωγή πακέτων, ένα πλήρες μήνυμα διασπάται σε μια σειρά από μικρότερα πακέτα. Τα πακέτα ταξιδεύουν ξεχωριστά κατά μήκος του δικτύου από την πηγή προς τον προορισμό τους. Τα πακέτα συναρμολογούνται στον προορισμό τους για να σχηματιστεί το αρχικό, πλήρες μήνυμα.



Σχήμα 3.3 Με τη μεταγωγή μηνύματος, ένα πλήρες μήνυμα ταξιδεύει ως σύνολο κατά μήκος ενός δικτύου δεδομένων από την πηγή προς τον προορισμό του. Το μήνυμα μπορεί να περιμένει σε κόμβους, κατά την πορεία του, για επαρκή χωρητικότητα μετάδοσης.

Ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων δεδομένων έχει κόμβους στους οποίους βρίσκονται οι υπολογιστές που εξετάζουν τα πακέτα και στη συνέχεια τα στέλνουν μαζί, προς τον τελικό προορισμό τους. Διαφορετικές διαδρομές μπορούν να καταλαμβάνονται από διαφορετικά πακέτα, ανάλογα με τη διαθέσιμη χωρητικότητα μεταδόσεως μεταξύ των κόμβων, κατά τη στιγμή όπου το πακέτο μεταδίδεται. Ψηφιακά κυκλώματα διαμορφώνουν τη χωρητικότητα της μετάδοσης μεταξύ των κόμβων. Ανάλογα με την κίνηση, η ψηφιακή χωρητικότητα θα μπορούσε να είναι από 64-kbps μέχρι 1,54-Mbps (κύκλωμα DS-1) ή ακόμη μεγαλύτερη.

3.4 Πρωτόκολλα και πρότυπα

Όταν μιλάμε στο τηλέφωνο, ακολουθούμε ορισμένους προσυμφωνημένους κανόνες και διαδικασίες. Π.χ. απαντάμε στο τηλέφωνο λέγοντας "εμπρός", περιμένουμε μια παύση στην ομιλία του συνομιλητή μας πριν τον διακόψουμε, στο τέλος της συνομιλίας μας, λέμε «αντίο» κλπ.. Ομοίως, χρειαζόμαστε προσυμφωνημένους κανόνες και διαδικασίες για τη διασφάλιση της ομαλής μεταφοράς των δεδομένων μεταξύ των ψηφιακών συσκευών που συνδέονται μεταξύ τους με δίκτυα επικοινωνίας. Αυτοί οι κανόνες και οι διαδικασίες ονομάζονται **πρωτόκολλα επικοινωνίας δεδομένων**. Ο τρόπος με τον οποίο ένα τερματικό αναγνωρίζει ότι είναι έτοιμο να δεχτεί δεδομένα, είναι ένα παράδειγμα πρωτοκόλλου.

Πολλές διεπαφές που συναντάμε στην επικοινωνία δεδομένων, όπως η σύνδεση του τερματικού με το δίκτυο, καθώς και το πώς οι πληροφορίες εμφανίζονται στην οθόνη, ισχύουν για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Σαφώς, οι διεπαφές και τα πρωτόκολλα πρέπει να είναι τυποποιημένα, αλλιώς θα έχει ως αποτέλεσμα το απόλυτο χάος. Για να προσθέσουμε κάποια αίσθηση της τάξης των πολλών διεπαφών, πρωτοκόλλων και προτύπων που ανακύπτουν κατά την επικοινωνία δεδομένων, ο **Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO-International Standards Organization)** έχει δημιουργήσει ένα εννοιολογικό μοντέλο για την επικοινωνία δεδομένων, που αποτελείται από επτά διαφορετικά επίπεδα, ή στρώματα. Δεδομένου ότι το μοντέλο έχει σκοπό να διευκολύνει την ανοικτή διασύνδεση των συστημάτων δεδομένων, ονομάζεται μοντέλο **Ανοικτής Διασύνδεσης Συστημάτων (OSI-Open Systems Interconnection)**. Η ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ ενός μόντεμ και ενός τερματικού είναι ένα παράδειγμα μίας από τις συνδέσεις που λαμβάνονται υπόψη από το μοντέλο OSI, για το οποίο καθορίζονται τα πρότυπα.

Παρά το γεγονός ότι το μοντέλο επτά επιπέδων του OSI, έχει ως στόχο να εξαλείψει τη σύγχυση, τα επτά επίπεδα και το τι κάνουν αυτά, εξακολουθεί να φαίνεται περίπλοκο και μπερδεμένο. Το χαμηλότερο επίπεδο (επίπεδο 1) ασχολείται με το υλικό και με τις φυσικές και ηλεκτρικές συνδέσεις. Το υψηλότερο επίπεδο (επίπεδο 7) ασχολείται με την συγκεκριμένη εφαρμογή της επικοινωνίας, για παράδειγμα, με την είσοδο μιας εντολής ή τη μεταφορά χρημάτων. Τα επτά επίπεδα έχουν ως εξής:

1. Φυσικό επίπεδο
2. Επίπεδο σύνδεσης
3. Επίπεδο δικτύου
4. Επίπεδο μεταφοράς
5. Επίπεδο συνόδου
6. Επίπεδο παρουσίασης
7. Επίπεδο εφαρμογής

Τα πρώτα τρία επίπεδα (φυσικό, σύνδεσης, και δικτύου) ασχολούνται με τη δρομολόγηση των δεδομένων από το ένα τμήμα του εξοπλισμού στο άλλο. Τα τελευταία τέσσερα επίπεδα ασχολούνται με τον πραγματικό διάλογο για μία συγκεκριμένη εφαρμογή. Ο χρήστης αλληλεπιδρά με το υψηλότερο επίπεδο, το επίπεδο εφαρμογής. Οι πληροφορίες στη συνέχεια μεταφέρονται από επίπεδο σε επίπεδο και τελικά μέσω του δικτύου επικοινωνιών φτάνει στον τελικό προορισμό, όπου οι πληροφορίες ανεβαίνουν στο επίπεδο εφαρμογής του υπολογιστή του παραλήπτη. Κάθε επίπεδο πακετάρει τις πληροφορίες με διαφορετικό τρόπο, αλλά το περιεχόμενο παραμένει αμετάβλητο. Ο «χρήστης» σε ορισμένες εφαρμογές, μπορεί να είναι ένα πρόγραμμα υπολογιστή.

Όπως αναφέρθηκε, τα τρία κατώτερα επίπεδα εφαρμόζουν τη μέθοδο της μεταφοράς δεδομένων μέσω του δικτύου επικοινωνιών. Το φυσικό επίπεδο ασχολείται με τη φυσική και ηλεκτρική διασύνδεση του υλικού. Για παράδειγμα, το είδος της κωδικοποίησης που χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύει μια μικρή αλλαγή στην τάση, καθορίζεται στις προδιαγραφές για το φυσικό επίπεδο. Το φυσικό επίπεδο ασχολείται με τα καλώδια και τα σύρματα που χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση του εξοπλισμού των δεδομένων, όπως το πρότυπο RS-232-C για τον προσδιορισμό των διαφόρων επιπέδων τάσης και σημάτων σε έναν συνδετήρα 25 ακίδων. Το επίπεδο σύνδεσης ασχολείται με τις ομάδες των bits, που ονομάζονται πλαίσια. Η χρήση του ελέγχου για ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων καθορίζεται στο επίπεδο σύνδεσης, για παράδειγμα, μαζί με τα πρωτόκολλα για την βεβαίωση της παραλαβής των δεδομένων. Η χρήση και η τοποθέτηση της διεύθυνσης για ένα μήνυμα δεδομένων που αποστέλλεται μέσω ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων, καθορίζεται στα πρωτόκολλα για το επίπεδο σύνδεσης. Το επίπεδο δικτύου σχετίζεται με την πραγματική διαδρομή και τη μετάδοση των δεδομένων μέσω του δικτύου. Για ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, οι κανόνες που διέπουν την πραγματική δρομολόγηση των πακέτων από κόμβο σε κόμβο και στον τελικό προορισμό καθορίζεται από τα πρότυπα στο επίπεδο σύνδεσης.

Τα τέσσερα ανώτερα επίπεδα ασχολούνται με ειδικές εφαρμογές και το λογισμικό. Το επίπεδο εφαρμογής, για παράδειγμα, ορίζει την αποστολή ή την εργασία που επιτελεί ο χρήστης, για παράδειγμα, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή μεταφορά χρημάτων. Το επίπεδο παρουσίασης ασχολείται με τομείς όπως η κρυπτογράφηση των δεδομένων, η θέση του κέρσορα στην οθόνη, η κωδικοποίηση των γραφικών συμβόλων για απεικόνιση, καθώς και τα πρότυπα που απαιτούνται για την αναπαράσταση διαφόρων τύπων αρχείων δεδομένων. Ο χρόνος μεταξύ της στιγμής που ένας χρήστης εισέρχεται για πρώτη φορά σε μια εφαρμογή υπολογιστή ("σύνδεση") μέχρι που ο χρήστης να τερματίσει την εφαρμογή ("αποσύνδεση")

ονομάζεται σύνοδος. Το επίπεδο συνόδου ασχολείται με τις ειδικές περιόδους συνόδου, όπως η ταυτοποίηση των χρηστών και η αποκατάσταση από βλάβη στη μετάδοση. Το επίπεδο μεταφοράς ασχολείται με το πώς να χειρίζεται τα δεδομένα όταν εντοπίζονται λάθη και πώς να χειρίζεται τα δεδομένα από υπερχειλίσεις, λόγω συμφόρησης του δικτύου.

Η πληροφορία για τη μετάδοση δεδομένων μέσω ειδικών δικτύων δεδομένων οργανώνεται σε ομάδες που ονομάζονται **πλαίσια**. Η αρχή ενός πλαισίου έχει μια επικεφαλίδα που περιέχει πληροφορίες για τη διεύθυνση και ένα trailer, που υποδεικνύει το τέλος του πλαισίου. Ένα μεγάλο μπλοκ χαρακτήρων σχηματίζει το μήνυμα προς διαβίβαση και η επικεφαλίδα και το trailer προσαρτώνται στο επίπεδο σύνδεσης. Ένα δημοφιλές πρωτόκολλο για αυτό το είδος της μετάδοσης είναι η σύγχρονη δυαδική επικοινωνία της IBM, επίσης γνωστή ως BSC (Binary Synchronous Communication) ή ως BiSync. Ένα νεότερο πρωτόκολλο της IBM είναι ο σύγχρονος έλεγχος σύνδεσης δεδομένων (SDLC- Synchronous Data Link Control), το οποίο φιλοξενεί οποιοδήποτε αριθμό των bits δεδομένων και περιλαμβάνει εξελιγμένο έλεγχο σφαλμάτων.

Η χρήση πολλών διαφορετικών πρωτοκόλλων για τα διάφορα είδη βάσεων δεδομένων και ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορεί να είναι ένα πρόβλημα. Μια λύση είναι να καθοριστεί μια θέση στο δίκτυο όπου μπορεί να συμβεί η μετατροπή από το ένα πρωτόκολλο στο άλλο. Αυτές οι θέσεις μετατροπής πρωτοκόλλων ονομάζονται πύλες (gateways) και διασυνδέουν διαφορετικά δίκτυα δεδομένων, βάσεις δεδομένων, και υπολογιστές.

3.5 Το Διαδίκτυο(Internet)

Το Διαδίκτυο, στην ευρύτερη έννοια του όρου, είναι μια τεράστια παγκόσμια βάση δεδομένων από πληροφορίες και ηλεκτρονική επικοινωνία, που είναι προσβάσιμα από τους προσωπικούς υπολογιστές. Στη στενή έννοια του όρου, είναι ένα δίκτυο από δίκτυα μεταγωγής πακέτων δεδομένων. Η πρόσβαση στο Internet, για πολλούς χρήστες, γίνεται από έναν προσωπικό υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος με ένα μόντεμ που χρησιμοποιεί το τοπικό τηλεφωνικό δίκτυο για να καταλήξει σε κάποιον πάροχο πρόσβασης στο διαδίκτυο. Η εταιρεία παροχής Internet διαθέτει ποικιλία από μόντεμ για να εξυπηρετήσει τους χρήστες της. Τα μόντεμ πολυπλέκονται σε μία υψηλής ταχύτητας ροή δεδομένων που συνδέεται σε ένα σημείο πρόσβασης στο διαδίκτυο. Το διαδίκτυο αποτελεί μια μεγάλη επιτυχία, λόγω της ευκολίας της χρήσης, που κατέστη δυνατή με μια πολυμεσική παρουσίαση της πληροφορίας με εύχρηστους συνδέσμους από μία βάση δεδομένων στην άλλη. Ο παγκόσμιος ιστός (World Wide Web-*www*) είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει το διαδίκτυο, με την ευρύτερη έννοια του όρου.

Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για το διαδίκτυο είναι το Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP / IP). Το TCP είναι στο επίπεδο μεταφοράς, και το IP είναι στο επίπεδο δικτύου. Το TCP χειρίζεται λειτουργίες όπως έλεγχο ροής, αλληλουχίας, αξιοπιστίας, κατάστασης και κλείσιμο συνεδρίας. Τα δεδομένα καθώς και οι πληροφορίες κεφαλίδας φτιάχνουν ένα **πακέτο δεδομένων (datagram)**. Ένα datagram συν την επιπλέον πληροφορία της επικεφαλίδας μαζί με ένα trailer φτιάχνουν ένα πλαίσιο, μια **μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου (PDU)**. Μια διεύθυνση IP αποτελείται από μια διεύθυνση δικτύου και από μια διεύθυνση φιλοξενίας (host), που δημιουργούν από κοινού μία 32-bit διεύθυνση.

3.6 Δίκτυα πακέτων

Το ARPANET και η μετεξέλιξή του σε διαδίκτυο ήταν από τα πρώτα δίκτυα μεταγωγής πακέτων. Η τεχνολογία έχει αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια των δεκαετιών, μαζί με νέα ορολογία, πρότυπα και προσεγγίσεις.

Μια μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου (PDU) είναι ένα κομμάτι πληροφορίας που μεταδίδεται ή αναμεταδίδεται από router σε router, μέσω ενός δικτύου δεδομένων. Για παράδειγμα, στο σύστημα T1, μία PDU αποτελείται από 24 bytes ψηφιοποιημένης ομιλίας συν ένα bit **πλαίσιου / συγχρονισμού (framing / synchronization)**. Ένα byte, που μερικές φορές ονομάζεται οκτάδα, αποτελείται από 8 bits.

Το **πρότυπο X.25** είναι ένα πρότυπο επικοινωνίας από υπολογιστή προς υπολογιστή για δεδομένα που αποστέλλονται μέσω ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων. Το πρότυπο X.25 είναι ένα πρότυπο διασύνδεσης. Στο X.25, μία PDU αποτελείται από ένα πακέτο συν ένα πεδίο ελέγχου της σύνδεσης. Το πακέτο αποτελείται από ένα πεδίο δεδομένων των 128 bytes και μια επικεφαλίδα. Το επίπεδο σύνδεσης του πρωτοκόλλου X.25 εξασφαλίζει ότι το πακέτο παραδίδεται χωρίς σφάλματα. Η **αναμετάδοση πλαισίου (Frame Relay)** είναι ένα νέο πρωτόκολλο που αντικατέστησε το πρότυπο X.25. Τα PDU στο Frame Relay είναι μεταβλητού μεγέθους.

Η αναμετάδοση κυψέλης (Cell Relay) χρησιμοποιεί PDU σταθερού μήκους, οι οποίες αποτελούνται από 48 bytes δεδομένων συν 5 bytes από πληροφορίες της επικεφαλίδας. Οι πληροφορίες της επικεφαλίδας περιλαμβάνουν ένα **αναγνωριστικό εικονικού μονοπατιού (virtual path identifier-VPI)**, ένα **αναγνωριστικό εικονικού καναλιού (virtual channel identifier-VCI)**, και **έλεγχο σφαλμάτων επικεφαλίδας (header error control-HEC)**. Ο **ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς (ATM)** είναι ένα σύστημα Cell Relay που χρησιμοποιεί PDU σταθερού μήκους των 53 bytes. Το ATM είναι ασύγχρονο, πράγμα που σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητος ο ακριβής χρονισμός. Το ATM έχει προωθηθεί ως μία ενιαία αρχιτεκτονική, που μπορεί να μεταφέρει δεδομένα και φωνή πάνω στο ίδιο δίκτυο ευρείας ζώνης μεταγωγής πακέτων. Αν και η επικοινωνία δεδομένων είναι ανεκτική σε μικρές καθυστερήσεις, δεν συμβαίνει το ίδιο με την φωνητική επικοινωνία. Επιπλέον, η πληροφορία της επικεφαλίδας σε κάθε κυψέλη είναι δαπανηρή επιβάρυνση για την επικοινωνία φωνής. Δεν υπάρχει πλήρης αποδοχή του ATM και πολλοί μηχανικοί πιστεύουν ότι οι ταχύτεροι δρομολογητές που λειτουργούν με μεταβλητού μήκους πακέτα θα μπορούσαν να είναι καλύτεροι από το ATM.

3.7 ISDN

Η σύνθεση φωνής και δεδομένων σε ένα εξ' ολοκλήρου ψηφιακό δίκτυο επικοινωνίας φαίνεται να είναι η φυσιολογική εξέλιξη των επικοινωνιών. Αυτό το δίκτυο θα μπορούσε επίσης να φέρει ψηφιοποιημένα βίντεο και ψηφιακά τηλεομοιοτυπικά σήματα, καθώς σε ψηφιακή μορφή, όλα τα σήματα είναι απλά bits. Διαφορετικές υπηρεσίες απαιτούν απλά διαφορετικούς ρυθμούς. Η συνολική ιδέα μιας τέτοιας ενοποίησης των υπηρεσιών μέσω ενός εξ' ολοκλήρου ψηφιακού δικτύου, ονομάζεται **ψηφιακό δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών, ή ISDN (Integrated Services Digital Network)**.

Το ISDN είναι τελικά ένα παγκόσμιο δίκτυο που αποτελείται από πολλά μικρότερα ιδιωτικά και δημόσια δίκτυα, που όλα συνδέονται μεταξύ τους μέσω κοινών προτύπων και παρέχει μια συνολική ψηφιακή δυνατότητα από άκρο σε άκρο.

Αυτή η ικανότητα εκτείνεται απευθείας σε μια τυπική ψηφιακή έξοδο στις εγκαταστάσεις του κάθε πελάτη. Τρία τουλάχιστον αμφίδρομα ψηφιακά κυκλώματα προσφέρονται στις ακόλουθες μορφές: δύο B κανάλια, που το καθένα λειτουργεί στα 64 kbps και ένα απλό κανάλι D των 16 kbps. Αυτή η ελάχιστη διαμόρφωση είναι γνωστή ως **2B + D βασικός ρυθμός, ή βασικός ρυθμός διεπαφής (basic rate interface -BRI)**. Τα κανάλια B χρησιμοποιούνται για ψηφιακές υπηρεσίες φωνής και για επικοινωνία δεδομένων υψηλής ταχύτητας, ίσως ακόμη και ταυτόχρονη επικοινωνία φωνής / δεδομένων, ενώ το κανάλι D χρησιμοποιείται για σηματοδότηση και χαμηλότερη ταχύτητα επικοινωνίας δεδομένων. Απαιτούνται τηλεφωνικές συσκευές με ενσωματωμένο αναλογικό / ψηφιακό μετατροπέα για τη σύνδεση με τη βασική διεπαφή πρόσβασης. Το υπάρχον καλώδιο χαλκού στον τοπικό βρόχο μπορεί, στις περισσότερες περιπτώσεις, να φιλοξενήσει αυτή τη βασική πρόσβαση στο ISDN μέσω ενός απλού ζεύγους αγωγών.

Μια δεύτερη μορφή αποτελείται από 23 B κανάλια, που το καθένα λειτουργεί στα 64 kbps και ένα απλό κανάλι D στα 64 kbps. Αυτή η μορφή είναι γνωστή ως **πρωτεύον ρυθμός 23B + D, ή διεπαφή πρωτεύοντος ρυθμού (primary rate interface-PRI)**. Το πρότυπο DS-1 ή το T1 κλασσικό ψηφιακό σήμα αποτελείται από είκοσι τέσσερα ψηφιακά κυκλώματα των 64-kbps που πολυπλέκονται μαζί. Έτσι, η ραχοκοκαλιά του ISDN είναι το καθορισμένο DS-1 σήμα στα 1,544 Mbps. Η ευρωπαϊκή έκδοση του ISDN προσφέρει 30 κανάλια B και ένα κανάλι D των 64-kbps ως πρωτεύοντα ρυθμό, στα 2,048 Mbps.

Μια νέα μορφή του ISDN είναι το ISDN ευρείας ζώνης, στο οποίο ένα ψηφιακό σήμα με ρυθμούς της τάξης μερικών εκατοντάδων megabits ανά δευτερόλεπτο μεταφέρεται τις εγκαταστάσεις του συνδρομητή. Αυτή η ευρυζωνική δυνατότητα χρησιμοποιείται για υπηρεσίες, όπως η τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας και αμφίδρομη υπηρεσία εικονοτηλεφώνου.

Η βασική κινητήρια δύναμη για το ISDN είναι τεχνολογικής φύσεως. Πράγματι, το δίκτυο είναι κυρίως ψηφιακό σήμερα, αλλά ο τοπικός βρόχος είναι ακόμα κυρίως αναλογικός. Γιατί, λοιπόν, θα πρέπει η ψηφιακή δυνατότητα στο δίκτυο να επεκταθεί κατά μήκος του τοπικού βρόχου στις εγκαταστάσεις του πελάτη; Για να απαντήσουμε στο ερώτημα αυτό, πρέπει να εξετάσουμε τις υπηρεσίες που είναι δυνατές με το ISDN. Οι υπηρεσίες δεδομένων που αναφέρονται συχνότερα είναι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο για την επιχειρηματική αγορά και η πρόσβαση στο διαδίκτυο για τους οικιακούς πελάτες. Οι περισσότερες μεγάλες επιχειρήσεις έχουν ήδη το δικό τους PBX (ιδιωτικό τηλεφωνικό κέντρο), το οποίο πιθανότατα είναι μια ψηφιακή μηχανή μεταγωγής. Τα δεδομένα επικοινωνίας σε πολλές επιχειρήσεις είναι ως επί το πλείστον τοπικά και μεταφέρονται μέσω τοπικών δικτύων LAN. Οι υπηρεσίες αυτές όπως το φαξ, λειτουργούν πάνω από υπάρχοντα αναλογικά κυκλώματα. Οι καταναλωτές θέλουν υψηλής ταχύτητας πρόσβαση στο Internet, αλλά τα μόντεμ που λειτουργούν με ταχύτητες 56 kbps σε κανονικές τηλεφωνικές γραμμές είναι άμεσα διαθέσιμα. Το ISDN απλώς μπορεί σχεδόν να διπλασιάσει τη χωρητικότητα αυτή και με πολύ υψηλότερο κόστος. Έτσι βλέπουμε ότι από την πλευρά του καταναλωτή, είναι αμφίβολη η ανάγκη για ISDN.

Πράγματι, το δίκτυο είναι ψηφιακό και σε ψηφιακή μορφή, όλα τα σήματα είναι τα ίδια. Έτσι, αν κάποιος ορίζει το ISDN ως ένα ψηφιακό δίκτυο που μεταφέρει ψηφιακά σήματα που αντιπροσωπεύουν πολλές διαφορετικές υπηρεσίες, τότε το ISDN είναι χρήσιμο. Αλλά αν με το ISDN εννοούμε μια ψηφιακή ικανότητα από άκρο σε άκρο πάνω στον τοπικό βρόχο, τότε το ISDN δεν είναι τόσο αποδοτικό. Στο μέλλον, η οπτική ίνα θα μπορούσε να αντικαταστήσει το καλώδιο χαλκού στον τοπικό βρόχο. Αλλά αυτό θα συμβεί για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους, για την παροχή τηλεφωνικών σημάτων και δεδομένων και όχι για την παροχή νέων

υπηρεσιών. Σαφώς, τα σήματα που μεταφέρονται μέσω της οπτικής ίνας θα είναι ψηφιακά και έτσι το ISDN θα παρέχει την ψηφιακή του ικανότητα από άκρο σε άκρο. Υπάρχουν όμως και άλλοι τρόποι για την παροχή ψηφιακού σήματος στο σπίτι.

3.8 ADSL

Το ISDN είναι ένα σύστημα για τη δημιουργία ψηφιακής σύνδεσης μέσω ζευγών καλωδίου χαλκού του τοπικού βρόχου για την παροχή ψηφιακών δεδομένων και ομιλίας. Το ISDN απαιτεί ένα μόνο ζεύγος καλωδίου χαλκού και είναι συμμετρικό με την έννοια ότι η χωρητικότητα είναι ίδια σε κάθε κατεύθυνση. Πολλά δεδομένα μετάδοσης, ωστόσο, είναι ασύμμετρα, απαιτώντας πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα στην καθοδική ζεύξη προς το σπίτι και πολύ χαμηλότερο ποσοστό στην ανοδική ζεύξη από το σπίτι. Η πρόσβαση στο διαδίκτυο είναι ιδιαίτερα ασύμμετρη, με το χρήστη συνήθως να στέλνει μόνο μερικές ηλεκτρολογήσεις στο φορέα παροχής υπηρεσιών Internet και στη συνέχεια να λαμβάνει δεκάδες χιλιάδες bits ως αντάλλαγμα. Η λύση σε αυτό το είδος της ασύμμετρης επικοινωνίας είναι μια **ασύμμετρη ψηφιακή συνδρομητική γραμμή (asymmetric digital subscriber line - ADSL)**.

Το ADSL μπορεί να διευθετήσει από 1,5 Mbps έως 6 Mbps από την κεντρική υπηρεσία προς τον συνδρομητή και από 16 kbps έως 640 kbps από τον συνδρομητή προς την κεντρική υπηρεσία. Αναλογική φωνή και ψηφιακά δεδομένα πολυπλέκονται μαζί σε ένα ενιαίο ζεύγος χάλκινων καλωδίων στον τοπικό βρόχο. Το εύρος ζώνης της φωνής μένει ανεπηρέαστο με το ADSL, σε αντίθεση με ένα μόντεμ που διαμορφώνει τα δεδομένα χρησιμοποιώντας το εύρος ζώνης της φωνής. Έτσι, η φωνή και τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα στο ADSL.

Το ADSL είναι, στην πραγματικότητα, ένα μόντεμ δεδομένων που είναι σε θέση να λειτουργεί ταυτόχρονα με φωνητική τηλεφωνία, χρησιμοποιώντας μία ζώνη συχνοτήτων πάνω από τη φωνή για τα δεδομένα. Διαφορετικές προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση του σήματος δεδομένων. Σε μία προσέγγιση, το σήμα δεδομένων χρησιμοποιείται για την διαμόρφωση του πλάτους και της φάσης ενός φέροντος σήματος υψηλής συχνότητας, αλλά μόνο όταν πραγματικά δεδομένα χρειάζεται να αποσταλούν. Αυτή είναι μια **μορφή τετραγωνικής διαμόρφωσης κατεσταλμένου φέροντος (carrierless AMPM)**. Το φέρον σήμα αποστέλλεται μόνο όταν υπάρχουν δεδομένα που πρέπει να αποσταλούν, διαφορετικά, το κανάλι δεδομένων είναι σε αδράνεια, ελαχιστοποιώντας έτσι παρεμβολές σε άλλες γραμμές. Σε μια άλλη προσέγγιση, πολλά φέροντα που ταυτόχρονα εξαπλώνονται σε όλη την ζώνη συχνοτήτων, χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά θορύβου της γραμμής. Αυτή η προσέγγιση ονομάζεται **διακριτή πολυτονική (discrete multitone-DMT)**.

Για το ADSL, το μήκος του βρόχου πρέπει να είναι λιγότερο από μερικά km (συνήθως ορίζεται λιγότερο από 5,5 km) και δεν πρέπει να υπάρχουν πηνία φόρτισης επί του βρόχου. Ένας διαχωριστής (splitter) στο σπίτι, χωρίζει το αναλογικό κανάλι φωνής βασικής ζώνης από τα ψηφιακά δεδομένα που λειτουργούν σε υψηλότερη ζώνη συχνοτήτων. Ένα παρόμοιο splitter εκτελεί το διαχωρισμό στο τηλεφωνικό κέντρο. Το αναλογικό σήμα ομιλίας πηγαίνει στον διακόπτη φωνής και τα ψηφιακά δεδομένα πηγαίνουν σε ένα ADSL μόντεμ αποκλειστικά για κάθε συνδρομητή. Τα σήματα δεδομένων πηγαίνουν σε έναν πολυπλέκτη για πρόσβαση σε ένα κατάλληλο δίκτυο δεδομένων όπως το διαδίκτυο. Το ψηφιακό κανάλι δεδομένων είναι πάντα ενεργό για σχεδόν άμεση πρόσβαση.

Μια ολόκληρη οικογένεια της ψηφιακής συνδρομητικής γραμμής τεχνολογίας έχει αναδειχθεί και αναφέρεται ως xDSL. Υψηλής ταχύτητας DSL (HDSL) προσφέρει T1 χωρητικότητα συμμετρικά σε δύο ζεύγη καλωδίου. Πολύ υψηλή ταχύτητα DSL (VDSL) προσφέρει ακόμα μεγαλύτερες χωρητικότητες (52 Mbps), αλλά λειτουργεί μόνο σε μικρού μήκους βρόχους (μικρότερους από 1000 μέτρα), κυρίως για επιχειρηματικούς πελάτες.

3.9 Τοπικά δίκτυα δεδομένων

Η ευρεία χρήση των προσωπικών υπολογιστών ως θέσεις εργασίας σε γραφεία, σχολεία και άλλους χώρους, έχει δημιουργήσει την ανάγκη για διαμοιρασμό ορισμένων περιορισμένων και ακριβών πόρων, όπως οι εκτυπωτές λέιζερ και μεγάλες μνήμες δίσκου. Για να επιτευχθεί αυτός ο διαμοιρασμός, μια σειρά από υπολογιστές θα πρέπει όλοι να είναι σε θέση να έχουν πρόσβαση στον ίδιο εξοπλισμό. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω της χρήσης καλωδίων και κάποιου είδους διακόπτη, αλλά ένας πιο ευέλικτος τρόπος είναι μέσω της χρήσης ενός τοπικού δικτύου δεδομένων που συνδέει μαζί τους υπολογιστές και τον κοινόχρηστο εξοπλισμό. Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται **τοπικά δίκτυα (LAN)**. Υπάρχει διαθέσιμη, μια ευρεία ποικιλία από LAN, ανάλογα με την τοπολογία του δικτύου, το μέσο μετάδοσης, την τεχνική πολυπλεξίας και το πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης. Τα περισσότερα τοπικά δίκτυα χρησιμοποιούν κάποια μορφή μεταγωγής πακέτων.

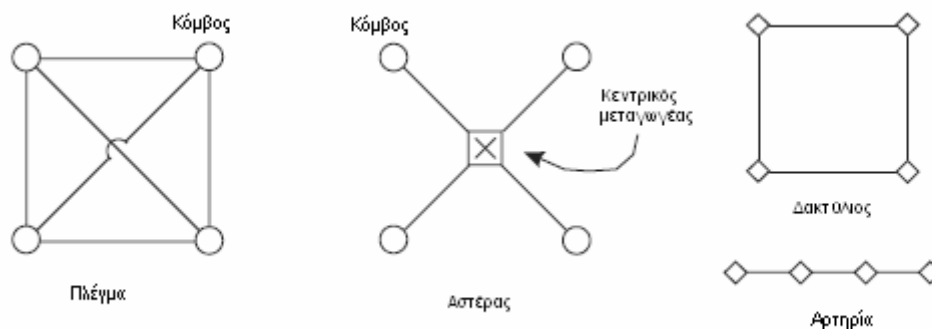
Οι δημοφιλέστερες τοπολογίες δικτύων είναι ο αστέρας, ο δακτύλιος, η αρτηρία, και το πλέγμα. Οι τοπολογίες αυτές φαίνονται στο σχήμα 3.4. Στην τοπολογία πλέγματος, ο κάθε κόμβος συνδέεται απευθείας με ξεχωριστά καλώδια με όλους τους άλλους κόμβους. Ένας διακόπτης σε κάθε κόμβο κάνει την απαραίτητη σύνδεση για τη μετάδοση των δεδομένων. Η τοπολογία πλέγματος χρειάζεται ένα ξεχωριστό καλώδιο για κάθε κόμβο και ως εκ τούτου δεν είναι πρακτική σε περιπτώσεις με μεγάλο αριθμό κόμβων. Η τοπολογία αστέρα έχει ένα κεντρικό κόμβο και έναν διακόπτη στον οποίο συνδέονται όλοι οι κόμβοι. Η τοπολογία αστέρα είναι παρόμοια με τους τοπικούς βρόχους και τα τηλεφωνικά κέντρα που χρησιμοποιούνται για την τηλεφωνική επικοινωνία. Οι τοπολογίες αστέρα και πλέγματος είναι ως επί το πλείστον ακαδημαϊκού ενδιαφέροντος, δεδομένου ότι δεν χρησιμοποιούνται πλέον για τα περισσότερα τοπικά δίκτυα.

Οι τοπολογίες δακτυλίου και αρτηρίας είναι παρόμοιες, στο ότι ο έλεγχος είναι αποκεντρωμένος και το ίδιο σήμα δεδομένων μεταδίδεται σε όλους τους κόμβους. Ο δακτύλιος είναι ένας βρόγχος φτιαγμένος από κάποιο κατάλληλο μέσο μετάδοσης που συνδέει τον ένα κόμβο με τον επόμενο. Τα σήματα δεδομένων περνούν ή κυκλοφορούν γύρω από το βρόγχο και συνήθως ενισχύονται και επαναλαμβάνονται σε κάθε κόμβο. Η αρτηρία είναι ένα ενιαίο μήκος, φτιαγμένο από κάποιο κατάλληλο μέσο μετάδοσης. Κάθε κόμβος συνδέεται με το μέσο με συνδέσεις που ονομάζονται taps. Η αρτηρία μπορεί να απεικονιστεί ως ένας ανοικτός ή σπασμένος βρόχος.

Πολλά διαφορετικά μέσα μετάδοσης χρησιμοποιούνται για τα τοπικά δίκτυα. Το μέσο μετάδοσης μπορεί να είναι καλώδιο χαλκού συνεστραμμένου ζεύγους, ομοαξονικό καλώδιο, ή οπτική ίνα. Τόσο το ομοαξονικό καλώδιο όσο και η οπτική ίνα απαιτούν ειδικούς συνδετήρες στα σημεία όπου συνδέονται οι κόμβοι. Το συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων, από την άλλη πλευρά, είναι πολύ απλό να συνδεθεί στους κόμβους και επίσης είναι λιγότερο ακριβό και ευκολότερο στην εγκατάσταση.

Οι χωρητικότητες των δεδομένων των οπτικών ινών και του ομοαξονικού καλωδίου είναι υψηλότερες από αυτές του συνεστραμμένου ζεύγους καλωδίων. Το ομοαξονικό καλώδιο και η οπτική ίνα μπορούν να μεταφέρουν εκατοντάδες megabits

ανά δευτερόλεπτο, ενώ το συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων μπορεί να μεταφέρει μόνο μερικά megabits ανά δευτερόλεπτο. Προφανώς, η επιλογή του μέσου μετάδοσης πρέπει να εξετάσει την χωρητικότητα των δεδομένων που απαιτείται. Μια πλήρης της σελίδα κειμένου, για παράδειγμα, είναι ισοδύναμη με περίπου 40.000 bits. Εάν αυτή η σελίδα έχει σταλεί σε υψηλής ταχύτητας εκτυπωτή laser που εκτυπώνει μία σελίδα ανά δευτερόλεπτο, τότε μια ικανότητα μετάδοσης μικρότερη από 50 kbps θα είναι αρκετή, ενώ τα 100 Mbps θα ήταν σίγουρα υπερβολή. Ωστόσο, εάν ο αριθμός των χρηστών που μοιράζονται πολύπλοκες γραφικές πληροφορίες είναι μεγάλος, τότε χωρητικότητες μετάδοσης της τάξης των megabits ανά δευτερόλεπτο είναι απαραίτητες. Οι χωρητικότητες του LAN πρέπει να ταιριάζουν με τις ανάγκες των χρηστών.



Σχήμα 3.4 Διάφορες τοπολογίες δικτύων είναι το πλέγμα, ο αστέρας, η αρτηρία και ο δακτύλιος. Τα δύο τελευταία χρησιμοποιούνται συχνά στα τοπικά δίκτυα.

Με τις τοπολογίες δακτυλίου και αρτηρίας, όλοι οι κόμβοι μοιράζονται το ίδιο μέσο και τα σήματα πρέπει κάπως να μένουν διαχωρισμένα μέσω μιας κατάλληλης τεχνικής πολυπλεξίας. Το μέσο μπορεί να μοιράζεται στο χρόνο μέσω TDMA ή σε συχνότητα μέσω FDMA. Η πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση χρόνου χρησιμοποιείται πιο συχνά σε LAN.

Με την πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση χρόνου, ριπές δεδομένων μπορούν να μεταδοθούν σε όλο το εύρος ζώνης του μέσου σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα. Ένας κόμβος που έχει δεδομένα για αποστολή, ωστόσο, πρέπει να γνωρίζει αν το μέσο είναι διαθέσιμο για χρήση. Διάφορες τεχνικές έχουν επινοηθεί για τον έλεγχο αυτής της πρόσβασης στο μέσο. Κάθε κόμβος μπορεί να επιλεγεί με τη σειρά του, για να προσδιορίσει αν έχει δεδομένα προς μετάδοση. Το πρόβλημα με αυτή τη μέθοδο ελέγχου πρόσβασης, είναι ότι κάποια μορφή κεντρικού ελέγχου είναι απαραίτητη για την εκτέλεση της επιλογής. Οι κόμβοι μπορούν να κρατήσουν χρονοθυρίδες για τη διαβίβαση των δεδομένων τους, αλλά και εδώ, είναι απαραίτητη κάποια μορφή κεντρικού ελέγχου. Το πρόβλημα με τον κεντρικό έλεγχο είναι ότι αυξάνει τη δαπάνη και την πολυπλοκότητα του LAN, και επομένως κάποια μορφή αυτοελέγχου είναι προτιμότερη.

Ένας τρόπος για την αυτο-ελεγχόμενη πρόσβαση είναι ο κάθε κόμβος να ελέγχει την κατάσταση του μέσου και, αν δεν είναι σε χρήση, να στείλει τα δεδομένα. Τα δεδομένα αποστέλλονται διαμορφώνοντας έναν φέρον σήμα και επομένως η κατάσταση του μέσου μπορεί να προσδιοριστεί απλά, καθορίζοντας κατά πόσον ένα φέρον είναι ή δεν είναι παρόν. Αυτό το είδος της πολλαπλής πρόσβασης με την ανίχνευση ενός φορέα ονομάζεται **πολλαπλή πρόσβαση με ανίχνευση φορέα (carrier-sense multiple access-CSMA)**. Ένα πρόβλημα είναι ότι μπορεί δύο κόμβοι να προσπαθήσουν ταυτόχρονα να στείλουν κάποια δεδομένα, αλλά έχουν επινοηθεί διαδικασίες για να επιλύσουν αυτό το πρόβλημα.

Σε μία άλλη διαδικασία για την επίλυση του προβλήματος, εάν το μέσο χρησιμοποιείται ήδη, ο κόμβος που έχει δεδομένα για αποστολή απλώς περιμένει. Ο κόμβος προσδιορίζει εάν το μέσο μετάδοσης είναι ήδη σε χρήση από την ανίχνευση της παρουσίας του φέροντος στο μέσο. Ωστόσο, δύο κόμβοι, μπορεί - ξεχωριστά ο καθένας - να μην ανιχνεύσουν το φέρον και στη συνέχεια να αρχίσουν ταυτόχρονα τη μετάδοση. Αν συμβεί αυτό, παρουσιάζεται μια σύγκρουση δεδομένων και ο κάθε κόμβος καταλαβαίνει ότι κάποιος άλλος κόμβος εκπέμπει. Το πρωτόκολλο ορίζει ότι οι δύο κόμβοι θα διακόψουν τη μετάδοση και θα μεταδώσουν τα δεδομένα αργότερα. Χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος για να καθορίσει πότε να επιχειρηθεί αναμετάδοση των δεδομένων. Ένα τυχαίο στοιχείο στον αλγόριθμο, μειώνει την πιθανότητα ότι και οι δύο κόμβοι θα περιμένουν ακριβώς το ίδιο χρονικό διάστημα. Αυτό το πρωτόκολλο πρόσβασης ονομάζεται **πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης με ανίχνευση φέροντος και ανίχνευση συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access με Collision Detection-CSMA / CD)**. Το πρωτόκολλο CSMA / CD χρησιμοποιείται στο Ethernet LAN της Xerox, το οποίο έχει μία τοπολογία αρτηρίας χρησιμοποιώντας ομοαξονικά καλώδια ως μέσο μετάδοσης.

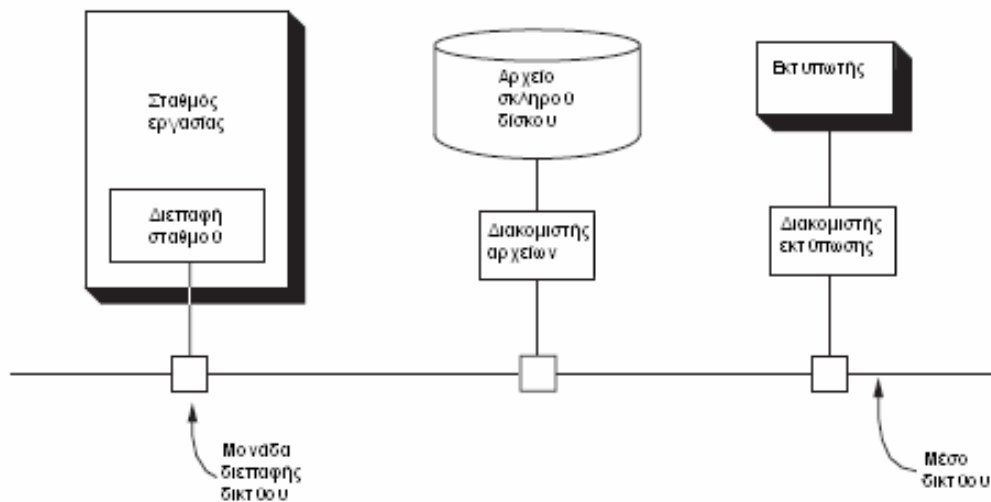
Ένα δεύτερο πρωτόκολλο περιλαμβάνει ένα «κουπόνι» (token) το οποίο κυκλοφορεί γύρω από το δίκτυο. Το «κουπόνι» είναι ένα σύντομο μήνυμα δεδομένων. Εάν ένας κόμβος έχει δεδομένα προς μετάδοση, πρέπει να έχει στην κατοχή του το κουπόνι έτσι ώστε να μεταδώσει. Ο κόμβος πρέπει να περιμένει να έρθει στην κατοχή του το κουπόνι. Μετά τη μεταβίβαση των δεδομένων του, ο κόμβος απελευθερώνει το κουπόνι. Εναλλακτικά, ο κόμβος μπορεί να αλλάξει το περιεχόμενο του κουπονιού για να δηλώσει ότι η μετάδοση δεδομένων λαμβάνει χώρα και στη συνέχεια να επανακυκλοφορήσει το δεσμευμένο κουπόνι. Αλλαγή του κουπονιού στην προηγούμενη ελεύθερη κατάστασή του, απελευθερώνει το κουπόνι για χρήση από άλλο κόμβο. Αυτό το πρωτόκολλο ονομάζεται **διέλευση κουπονιού (token passing)** και είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για την τοπολογία δακτυλίου (που ονομάζεται Token Ring), αν και χρησιμοποιείται επίσης στην τοπολογία αρτηρίας (token bus).

Με πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας, τα κανάλια εκχωρούνται δυναμικά και μεταγόνται για να συνδέουν μεταξύ τους, τους κόμβους που μεταφέρουν δεδομένα. Αυτή η εκχώρηση των καναλιών εκτελείται από έναν κύριο ελεγκτή. Κάποιοι κόμβοι μπορεί να μοιράζονται το ίδιο κανάλι και στην περίπτωση αυτή είναι αναγκαία, κάποια μορφή επίλυσης της διαφοράς. Η χρήση της πολυπλεξίας με διαίρεση συχνότητας για τον διαμοιρασμό ενός μέσου μετάδοσης, ονομάζεται **ευρυζωνική μετάδοση**.

Αν ένα μέσο διαμοιράζεται στο χρόνο μέσω πολυπλεξίας με διαίρεση χρόνου, τα σήματα δεδομένων μεταδίδονται συνήθως ως ψηφιακά δεδομένα βασικής ζώνης. Οι όροι "βασική ζώνη" και "ευρυζωνικότητα" μπορεί να δημιουργούν κάποια σύγχυση, δεδομένου ότι ένα μέσο όπως το ομοαξονικό καλώδιο διαθέτει ένα μεγάλο εύρος ζώνης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για μετάδοση σημάτων βασικής ζώνης είτε για μετάδοση σημάτων ευρείας ζώνης.

Οι υπολογιστές, τα τερματικά, οι εκτυπωτές, και άλλες συσκευές συνήθως συνδέονται με ένα LAN μέσω δύο διεπαφών, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.5. Μια διεπαφή είναι η σύνδεση με το δίκτυο μέσω μιας μονάδας διεπαφής δικτύου. Για ένα δίκτυο αρτηρίας, η διεπαφή δικτύου μπορεί να είναι τόσο απλή όσο μία ηλεκτρική σύνδεση στη γραμμή, με παράλληλη σύνδεση, που ονομάζεται tap. Για ένα δίκτυο βρόχου, η διεπαφή δικτύου λαμβάνει σήματα τα οποία αποστέλλονται κατά μήκος του βρόχου, εξάγει το ποσοστό που προορίζεται για τον κόμβο που εξυπηρετεί και αναμεταδίδει το σήμα κατά μήκος του βρόγχου. Η μονάδα διεπαφής του δικτύου για ένα δίκτυο βρόχου λειτουργεί ως πομπός / δέκτης, ή πομποδέκτης.

Η δεύτερη σύνδεση είναι στην ίδια τη συσκευή. Αν η συσκευή αποτελεί κοινό πόρο, όπως ένας εκτυπωτής ή ένα αρχείο σκληρού δίσκου, η διεπαφή πρέπει να διαχειριστεί και να εξυπηρετήσει την πρόσβαση από έναν αριθμό χρηστών. Έτσι είτε ονομάζεται διακομιστής εκτύπωσης ή διακομιστής αρχείων, αντίστοιχα. Εάν η συσκευή είναι ένας σταθμός εργασίας κάποιου είδους, όπως είναι ο προσωπικός υπολογιστής, η διεπαφή ονομάζεται διεπαφή σταθμού, ή διακομιστής τερματικού και συνήθως είναι ένα τυπωμένο κύκλωμα ή κάρτα, που συνδέεται στον ίδιο το σταθμό. Οι διακομιστές και διεπαφές σταθμών είναι υπολογιστές βασισμένοι σε μικροεπεξεργαστή που εκτελούν λειτουργίες διαχείρισης της επικοινωνίας.



Σχήμα 3.5 Οι υπολογιστές, τα αρχεία δίσκου και οι εκτυπωτές συνδέονται μέσω δύο διεπαφών σε έναν τοπικό δίκτυο (LAN). Η μία διεπαφή είναι η φυσική σύνδεση με το μέσο μετάδοσης του δικτύου. Η άλλη διεπαφή διαχειρίζεται την κυκλοφορία των δεδομένων και βρίσκεται στη συσκευή που εξυπηρετείται.

3.10 Σύγκριση διαφόρων μορφών πληροφορίας

Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι απαιτήσεις σε χωρητικότητα για διάφορες μορφές πληροφορίας. Είναι προφανές ότι η απαιτήσεις χωρητικότητας για τηλεφωνία υπερτερούν όλων των άλλων υπηρεσιών.

Πίνακας 3.1

Απαιτήσεις σε χωρητικότητα για διάφορες μορφές πληροφορίας.

Υπηρεσία	Αριθμός Bits
Τηλεφωνία	14.000×10^{15}
Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο	11×10^{15}
Πιστωτικές κάρτες	2×10^{15}
Ηλεκτρονικός έλεγχος	$0,2 \times 10^{15}$
Πληροφορίες προσωπικού	130×10^{15}
Ηλεκτρονική εφημερίδα	1.000×10^{15}

3.11 Επικοινωνία δεδομένων - αξιολόγηση

Η επικοινωνία δεδομένων έχει τις δικές της μορφές υποβάθμισης της ποιότητας που πρέπει να ληφθούν υπόψη, από την άποψη της τεχνολογίας. Όταν ένα σήμα δεδομένων μεταδίδεται από την πηγή στον προορισμό του, οι δρομολογητές και οι μεταγωγείς δεδομένων εισάγουν μία καθυστέρηση μετάδοσης στη διαδικασία. Ο θόρυβος είναι πάντα παρών και υποβαθμίζει τα σήματα. Ο ρυθμός σφαλμάτων bit error rate-BER) πρέπει να μετρείται πάντοτε και να διατηρείται όσο το δυνατόν χαμηλότερα, αν και η ανίχνευση σφαλμάτων και οι τεχνικές διόρθωσης μπορούν να βοηθήσουν στο να υπάρχει όσο το δυνατόν καλύτερη μετάδοση.

Όλη η υπερβολή σχετικά με το διαδίκτυο έχει στρεβλώσει την αρχιτεκτονική των δικτύων προς ένα μοντέλο μεταγωγής πακέτων δεδομένων. Αλλά τα δεδομένα είναι το μικρό μέρος του δικτύου, η φωνή είναι το κύριο μέρος. Αυτό δεν υπονοεί ότι η επικοινωνία δεδομένων δεν είναι σημαντική. Ένα δημόσιο δίκτυο μεταγωγής δεδομένων είναι τόσο σημαντικό όσο το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο μεταγωγής (PSTN). Η επικοινωνία δεδομένων φαίνεται να εξυπηρετείται καλύτερα με τη μεταγωγή πακέτων, ενώ η φωνή από κάποιο είδος μεταγωγής εικονικού κυκλώματος.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Ασκήσεις

Εισαγωγή

Στο Κεφάλαιο αυτό αναπτύσσεται η λειτουργία ενός εργαστηριακού συστήματος επικοινωνίας, συγκεκριμένα του TPS-3714 της Scientific Educational Systems ES. Το σύστημα αυτό μπορεί να διαμορφώνεται με πολλούς τρόπους και να λειτουργεί π.χ. ως σύστημα τηλεγράφου, τηλεφωνικό σύστημα, τηλεφωνικό κέντρο κλπ. Έτσι με βάση το σύστημα αυτό αναπτύσσεται ένας αριθμός εργαστηριακών ασκήσεων.

ΑΣΚΗΣΗ 1: Επικοινωνία με τηλέγραφο

Εισαγωγή

Ο Michael Morse ανέπτυξε τον τηλέγραφο το 1836. Χρησιμοποίησε ένα μεταλλικό μοχλό (ο οποίος λειτούργησε ως διακόπτης) για να κλείσει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα το οποίο περιλάμβανε και μια ηλεκτρική μπαταρία και ένα ηλεκτρικό κουδούνι.

Η επιτυχία του Morse ήταν η ικανότητά του να ολοκληρώσει το σύστημά του με την ανάπτυξη ενός κώδικα ο οποίος επέτρεπε πολύ γρήγορη επικοινωνία, καθώς και η ικανότητά του να πείσει την κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών να συνδέσουν πόλεις με τηλεγραφικά σύρματα.

Αργότερα, ένας ηλεκτρομαγνήτης αντικατέστησε το κουδούνι. Ο ηλεκτρομαγνήτης ενεργοποιεί έναν μεταλλικό μοχλό ο οποίος έχει ένα μολύβι που συνδέεται σ' αυτόν. Κάτω από το μολύβι υπάρχει μία μετακινούμενη χάρτινη λωρίδα. Κάθε φορά που κάποιος πιάζει τον διακόπτη, σχηματίζεται μία γραμμή στην χάρτινη λωρίδα, για όσο χρονικό διάστημα είναι πατημένος ο διακόπτης.

Πολλές δεξιότητες ήταν αναγκαίες για να λειτουργήσει μια συσκευή τηλεγράφου γρήγορα και αποτελεσματικά. Ο Edison ασχολήθηκε με τον τηλέγραφο και μίλησε για τον ανταγωνισμό που είχε δημιουργηθεί μεταξύ των χειριστών του τηλεγράφου, για ταχεία εκπομπή και λήψη σημάτων.

Ο τηλέγραφος έγινε γνωστός εξαιτίας των ακόλουθων γεγονότων:

Το 1839, ένας δολοφόνος με το όνομα John Towel από την πόλη Slow της Βρετανίας, δραπέτευσε με το τρένο για το Λονδίνο. Την ίδια χρονιά, η γραμμή του τηλεγράφου είχε επεκταθεί από το Λονδίνο στην πόλη Slow. Έμεινε έκπληκτος όταν είδε τους αστυνομικούς να τον περιμένουν στο σταθμό Pedington στο Λονδίνο (η περιγραφή του είχε σταλεί με τηλεγράφημα). Ήταν ο πρώτος εγκληματίας που είχε συλληφθεί με τη βοήθεια της ηλεκτρικής επικοινωνίας. Το 1844, τα μέλη της Η.Π.Α μαζεύτηκαν στο γραφείο του Morse για να μάθουν γρήγορα τα αποτελέσματα από την ψηφοφορία της λαϊκής συνέλευσης η οποία έλαβε χώρα στην Βαλτιμόρη.

Κώδικας Morse:

Ο κώδικας Morse αποτελείται από τελείες και γραμμές:

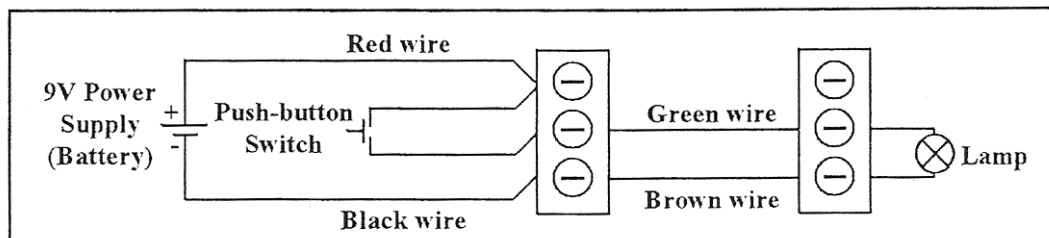
A	.-	K	-.-	U	..-	0	-----
B	-...	L	.-..	V	...-	1	.----
C	-.-.	M	--	W	.-.	2	..----
D	-..	N	-.	X	-.-.	3	...--
E	.	O	---	Y	-.---	4-
F	..-.	P	.----	Z	--.	5
G	--.	Q	--.-			6	-....
H	R	.-.			7	--...
I	..	S	...			8	----.
J	.----	T	-			9	-----.

Το γνωστό σε όλους μας SOS (Save Our Souls) χρησιμοποιείται ως σήμα κινδύνου. Αυτό το μήνυμα είναι πολύ απλό και σαφές για να αποσταλεί σε κώδικα Morse:
(S)... (O)--- (S)...

Πειραματικό μέρος

A) ΒΑΣΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ

Το πειραματικό σύστημα επικοινωνίας TPS-3714 περιλαμβάνει ειδικούς συνδετήρες, λαμπτήρες, δύο τερματικούς κανόνες καλωδίου και υποδοχές τροφοδοτικών. Διαμορφώστε το σύστημα σύμφωνα με το σχήμα 1.1



Σχήμα 1.1

1^ο Βήμα: Συνδέστε το ένα καλώδιο του διακόπτη και το κόκκινο καλώδιο της του τροφοδοτικού, στην εξωτερική θύρα του κανόνα.

2^ο Βήμα: Συνδέστε το δεύτερο καλώδιο του διακόπτη στη μεσαία θύρα.

3^ο Βήμα: Συνδέστε το μαύρο καλώδιο του τροφοδοτικού, στην τρίτη θύρα.

4^ο Βήμα: Συνδέστε τον λαμπτήρα στις δύο θύρες που συνδέονται στα καλώδια της άλλης θύρας του κανόνα.

5^ο Βήμα: Συνδέστε την τροφοδοσία της μπαταρίας.

6^ο Βήμα: Πατήστε τον διακόπτη και παρατηρήστε τον λαμπτήρα να ανάβει.

7ο Βήμα: ΠΡΟΣΟΧΗ! Είναι πιθανό να βιδώσατε τη βίδα στην πλαστική επένδυση του καλωδίου και γι' αυτό δεν έγινε ηλεκτρική επαφή και δεν άναψε το λαμπάκι.

- Αντικαταστήστε τον λαμπτήρα με ένα κουδούνι και δοκιμάστε το σύστημα. Το κουδούνι είναι ένα στοιχείο με πολικότητα. Το ρεύμα πρέπει να ρέει μέσα από αυτό σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, αλλιώς δεν θα λειτουργήσει. (το κουδούνι δεν θα χαλάσει αν το συνδέσετε στην αντίθετη κατεύθυνση)

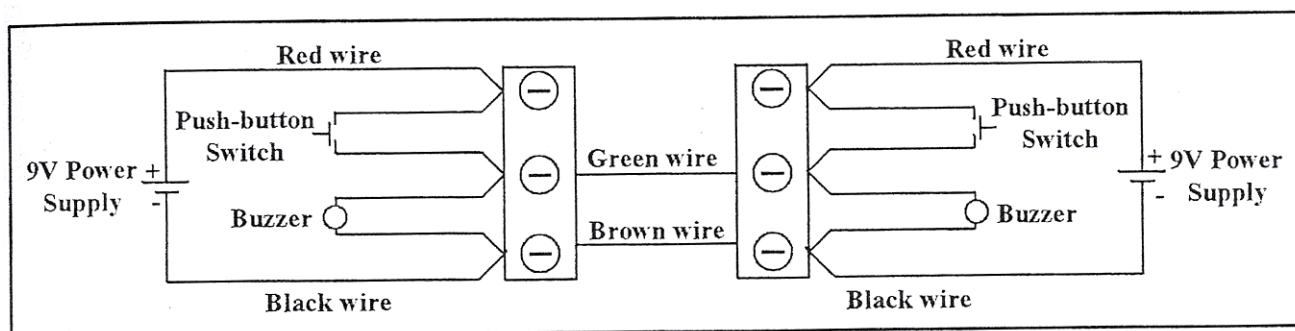
- Φροντίστε να συνδέσετε το κόκκινο καλώδιο στο '+' (καφέ καλώδιο) και το μαύρο καλώδιο στο '-' (πράσινο καλώδιο)

- Πατήστε τον διακόπτη και δοκιμάστε το σύστημα.

- Συνδέστε τον λαμπτήρα παράλληλα με το κουδούνι. Πατήστε κάθε διακόπτη χωριστά και παρατηρήστε ότι τα δύο λαμπάκια είναι αναμμένα και τα δύο κουδούνια χτυπάνε με κάθε πάτημα του διακόπτη.

B) ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΥ

Το σχήμα 1.2 παριστάνει ένα βασικό σύστημα τηλεγράφου.



Σχήμα 1.2

1^ο Βήμα: Συνδέστε το ένα καλώδιο του διακόπτη και το κόκκινο καλώδιο της μπαταρίας στην πρώτη θύρα του τερματικού.

2ο Βήμα: Συνδέστε το δεύτερο καλώδιο του διακόπτη και το ένα καλώδιο του κουδουνιού στη μεσαία θύρα του τερματικού.

3^ο Βήμα: Συνδέστε το δεύτερο καλώδιο του κουδουνιού και το μαύρο καλώδιο της μπαταρίας στην τρίτη θύρα του τερματικού.

4ο Βήμα: Επαναλάβετε τα βήματα 1 έως 3 και για την άλλη θύρα του τερματικού.

5ο Βήμα: Μπορείτε να αντικαταστήσετε το κουδούνι με ένα λαμπάκι.

- Αποκωδικοποιήστε το ακόλουθο μήνυμα και χρησιμοποιώντας το σύστημα του τηλεγράφου προσπαθήστε να το αποστείλετε:

.....

- Αποκωδικοποιήστε το ακόλουθο μήνυμα και χρησιμοποιώντας το σύστημα του τηλεγράφου προσπαθήστε να το αποστείλετε:

.....

- Γράψτε το ακόλουθο μήνυμα σε κώδικα Morse και προσπαθήστε να το αποστείλετε:

"Yes, Please come at 5."

- Μεταφράστε τη λέξη "Telegraph" (Τηλέγραφος) σε κώδικα Morse:

.....

- Πως θα μεταδώσετε το σήμα S.O.S και τι σημαίνει;

.....

ΑΣΚΗΣΗ 2: Τηλεφωνική επικοινωνία

Εισαγωγή

Οι φωνές που ακούμε είναι δονήσεις (ταλαντώσεις) στον αέρα, οι οποίες δονούν το τύμπανο του αυτιού μας.

Προκειμένου να μεταφέρουμε αυτές τις δονήσεις χρειαζόμαστε ένα μέσο μετάδοσης, καθώς ο ήχος δε μεταδίδεται στο κενό. Ο αέρας γύρω μας λειτουργεί ως μέσο μετάδοσης. Το νερό και η γη είναι επίσης μέσα τα οποία μεταφέρουν τον ήχο (με τον ίδιο τρόπο που κάνει και μία χορδή). Υπάρχουν πολλές γνωστές ινδιάνικες ιστορίες που λένε ότι οι ινδιάνοι βάζανε το αυτί τους στο έδαφος για να ακούσουν τον καλπασμό των αλόγων από πολύ μακριά ή τα τρένα που πλησίαζαν.

Τα πολεμικά πλοία και τα υποβρύχια έχουν ένα είδος ηλεκτρονικής συσκευής ακρόασης (sonar), η οποία αναγνωρίζει ήχους οι οποίοι προέρχονται από άλλα υποβρύχια. Αυτό σημαίνει ότι το νερό μεταφέρει ήχους.

Η ένταση των δονήσεων ρυθμίζει την ένταση του ήχου. Η συχνότητα των δονήσεων ρυθμίζει κατά πόσο ένας ήχος είναι οξύς (πρίμος) ή βαθύς (μπάσος).

Το πρώτο τηλέφωνο ανακαλύφθηκε από τον Alexander Graham Bell το 1876. Ο Bell (του οποίου η γυναίκα ήταν κωφάλαλη) δίδασκε σε κωφάλαλα παιδιά πώς να επικοινωνούν και ερευνούσε την ομιλία και την ακρόαση.

Ο Bell πέτυχε να κατασκευάσει μια συσκευή η οποία αποτελούνταν από μια μεταλλική πλάκα η οποία κινούνταν μέσω ενός ηλεκτρομαγνήτη, σύμφωνα με το ρεύμα δια μέσου του πηνίου του ηλεκτρομαγνήτη. Ο πυρήνας του ηλεκτρομαγνήτη στο ηχείο είναι ένας ισχυρός μαγνήτης, ο οποίος προσελκύει λίγο την πλάκα. Το ρεύμα που αλλάζει στο πηνίο του ηχείου κάνει τον μαγνητισμό του πυρήνα ισχυρότερο ή ασθενέστερο, αλλά δεν αλλάζει την πολικότητα του μαγνήτη (βορράς-νότος), αν και το ρεύμα που φτάνει στο ηχείο αλλάζει την κατεύθυνση της ροής του. Οι δονήσεις της μεταλλικής πλάκας μεταφέρονταν μέσω του αέρα. Αυτό ήταν το πρώτο megάφωνο. Παρατήρησε επίσης ότι η δόνηση της μεταλλικής πλάκας προκαλούσε αλλαγές στο ρεύμα ενός ηλεκτρικού κυκλώματος. Έτσι δημιούργησε δύο megάφωνα, το ένα λειτουργούσε ως μικρόφωνο και το άλλο ως ηχείο.

Ο Bell δεν ήταν ο μόνος επιστήμονας που ερεύνησε αυτό το πεδίο, αλλά ήταν ο πρώτος που δημοσίευσε την εφεύρεσή του και την επέδειξε και γι' αυτό θεωρείται ως ο πατέρας του τηλεφώνου.

Το τηλέφωνο του Bell ήταν κακοφτιαγμένο, δεν ακουγόταν αρκετά καθαρά και δεν ήταν κατάλληλο για μαζική παραγωγή. Ο Edison ουσιαστικά μετέτρεψε το τηλέφωνο σε μια δημοφιλή συσκευή.

Ο Thomas Edison (που θεωρείται ο μεγαλύτερος εφευρέτης όλων των εποχών) εφηύρε το μικρόφωνο άνθρακα. Αυτά τα μικρόφωνα συναντώνται ακόμα σε πολλά τηλέφωνα (150 χρόνια μετά την εφεύρεση τους).

Γέμισε ένα σωλήνα με κόκκους άνθρακα και τους κάλυψε με μια μεταλλική πλάκα. Οι δονήσεις του αέρα πίεζαν την πλάκα και άλλαζαν την πυκνότητα του άνθρακα στο σωλήνα. Αυτή η αλλαγή της πυκνότητας του άνθρακα άλλαξε την

αγωγιμότητα του μικροφώνου και στη συνέχεια άλλαξε το ρεύμα στο ηλεκτρικό κύκλωμα.

Μέχρι πολύ πρόσφατα, τα περισσότερα τηλέφωνα περιλάμβαναν ένα μικρόφωνο του τύπου αυτού. Ο Edison και ο Bell μοιράστηκαν τα κέρδη από τις πωλήσεις τηλεφώνων και έγιναν καλοί φίλοι.

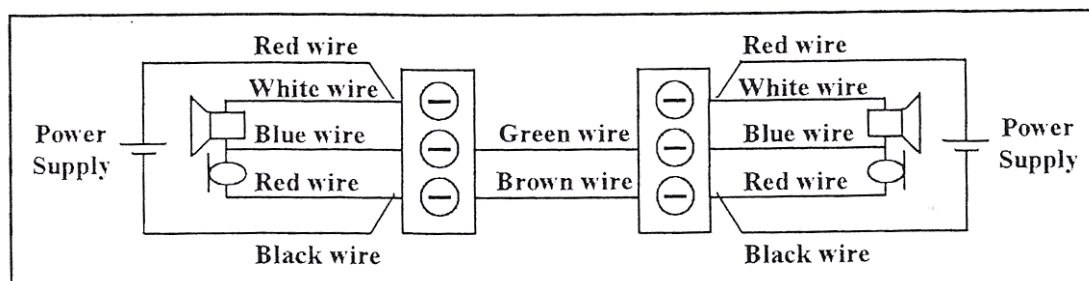
Σήμερα υπάρχουν διαφορετικά είδη μικροφώνων. Ένα πολύ απλό και συνηθισμένο είδος ονομάζεται «πυκνωτικό μικρόφωνο» το οποίο είναι φτιαγμένο ως πυκνωτής. Ο πυκνωτής αποτελείται από δύο μεταλλικούς δίσκους οι οποίοι έχουν ανάμεσά τους μία λεπτή μόνωση. Η αλλαγή της πίεσης του αέρα στους δίσκους (που προκαλείται από τα ηχητικά κύματα) προκαλεί την απόσταση μεταξύ των δίσκων να αλλάζει συνεχώς, ως εκ τούτου αλλάζει η χωρητικότητα. Αυτές οι αλλαγές της χωρητικότητας μετατρέπονται σε ηλεκτρικό σήμα. Αυτό είναι το πιο συνηθισμένο μικρόφωνο στα σημερινά τηλέφωνα.

Για να χρησιμοποιήσουμε ένα πυκνωτικό μικρόφωνο και ένα μεγάφωνο ως μικρόφωνο χρειαζόμαστε έναν ενισχυτή. Ο Edison ήταν επίσης ένας από τους πατέρες του ενισχυτή.

Πειραματικό μέρος

Α) ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ

Το τηλεφωνικό σύστημα που θα κατασκευαστεί βασίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 2.1

1ο Βήμα: Συνδέστε το άσπρο καλώδιο του τηλεφώνου μαζί με το κόκκινο καλώδιο της μπαταρίας στην πρώτη θύρα του τερματικού.

2ο Βήμα: Συνδέστε το μπλε καλώδιο του τηλεφώνου στη μεσαία θύρα του τερματικού.

3ο Βήμα: Συνδέστε το κόκκινο καλώδιο του τηλεφώνου μαζί με το μαύρο καλώδιο της μπαταρίας στην τρίτη θύρα του τερματικού.

4ο Βήμα: Συνδέστε το δεύτερο τηλέφωνο και τη δεύτερη μπαταρία με τον ίδιο ακριβώς τρόπο στις τρεις θύρες του δεύτερου τερματικού.

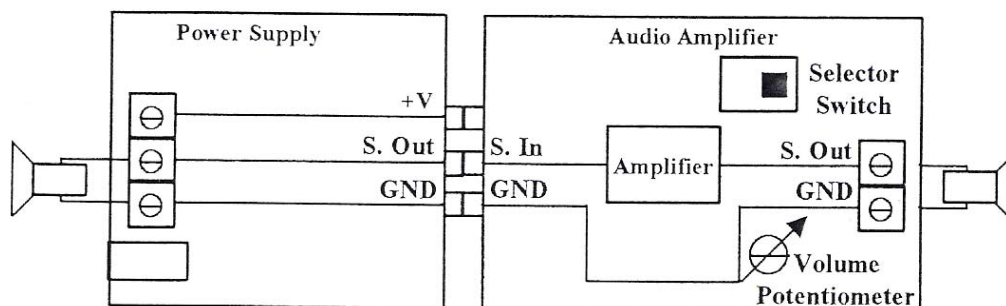
5ο Βήμα: Εγκαταστήσετε τις μπαταρίες τροφοδοσίας στις υποδοχές τους.

6ο Βήμα: Σηκώστε τα τηλέφωνα και μιλήστε μεταξύ σας.

7ο Βήμα: Θυμηθείτε να πατήσετε το διακόπτη στο πλάι του κάθε τηλεφώνου.

B) ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΔΟΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Θεωρήστε το ακόλουθο σύστημα:



Σχήμα 2.2

1^ο Βήμα: Συνδέστε τον ενισχυτή ήχου στο τροφοδοτικό.

2ο Βήμα: Συνδέστε το ένα ηχείο στην έξοδο του ενισχυτή χρησιμοποιώντας το κατσαβίδι.

3^ο Βήμα: Συνδέστε το δεύτερο ηχείο στην είσοδο (S.In) και στη γείωση (GND) του τροφοδοτικού.

4ο Βήμα: Συνδέστε το τροφοδοτικό στην τάση τροφοδοσίας.

5ο Βήμα: Γυρίστε τον διακόπτη έντασης του ποτενσιόμετρου στον ενισχυτή ήχου στη μέση της κλίμακάς του.

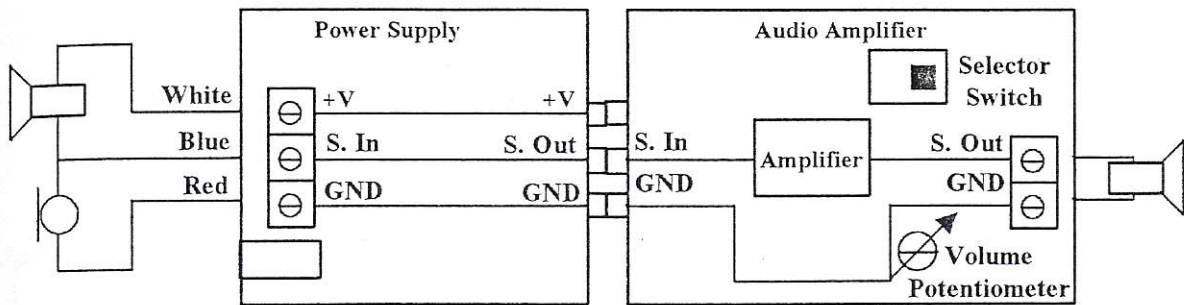
6ο Βήμα: Μιλήστε σε ένα ηχείο. Αν δεν ακούτε τίποτα, αλλάξτε θέση στο διακόπτη επιλογής (selector switch).

7ο Βήμα: Αλλάξτε θέση στο διακόπτη επιλογής και μιλήστε στο δεύτερο ηχείο.

- Τοποθετήστε τα ηχεία το ένα απέναντι από το άλλο και κοντά μεταξύ τους. Θα ακούσετε ένα δυνατό ήχο σαν σφύριγμα. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται “**θετική ανάδραση**”. Ο ενισχυτής και η έξοδος στο ηχείο ενισχύουν ένα τυχαίο θόρυβο που δημιουργείται στο μεγάφωνο του μικροφώνου. Αυτό είναι ένα πολύ χαμηλό επίπεδο θορύβου, αλλά επειδή τα ηχεία είναι κοντά μεταξύ τους, πηγαίνει πίσω στο μικρόφωνο για να ενισχυθεί και πάλι και ούτω καθεξής. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο δεν τοποθετούμε ένα μικρόφωνο στο ίδιο σημείο με το ηχείο του.

Γ) ΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ ΕΝΔΟΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Θεωρήστε το ακόλουθο σύστημα:



Σχήμα 2.3

1^ο Βήμα: Συνδέστε τον ενισχυτή ήχου στο τροφοδοτικό.

2^ο Βήμα: Συνδέστε το ένα ηχείο στην έξοδο του ενισχυτή χρησιμοποιώντας το κατσαβίδι.

3^ο Βήμα: Συνδέστε το τηλέφωνο στο τροφοδοτικό ως ακολούθως:

- Το άσπρο καλώδιο στο +V
- Το κόκκινο καλώδιο στο GND
- Το μπλε καλώδιο στο S.In

4^ο Βήμα: Συνδέστε το τροφοδοτικό στο ρεύμα.

5^ο Βήμα: Γυρίστε τον διακόπτη έντασης του ποτενσιόμετρου στον ενισχυτή ήχου στη μέση της κλίμακάς του.

6^ο Βήμα: Χαμηλώστε το ποτενσιόμετρο της έντασης στον ενισχυτή ήχου και μιλήστε στο μικρόφωνο του τηλεφώνου και ελέγξτε αν μπορείτε να ακούσετε τον εαυτό σας στο ακουστικό.

7^ο Βήμα: Αυξήστε το ποτενσιόμετρο της έντασης στον ενισχυτή ήχου και μιλήστε στο ηχείο και ελέγξτε αν ο ήχος ακούγεται στο ακουστικό του τηλεφώνου.

8^ο Βήμα: Αλλάξτε θέση στο διακόπτη επιλογής και μιλήστε στο ηχείο. Ελέγξτε αν η φωνή σας ακούγεται στο τηλέφωνο.

ΑΣΚΗΣΗ 3: Συχνότητα και Ένταση

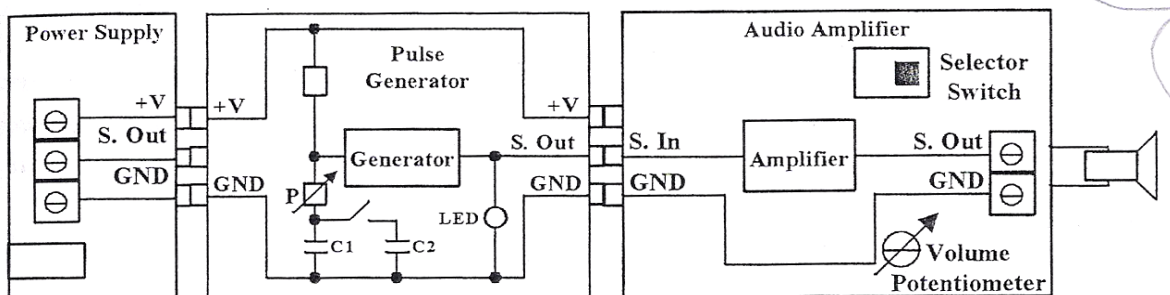
A. Συχνότητα και Ένταση

Εισαγωγή

Οι ήχοι που ακούμε είναι δονήσεις στον αέρα. Ο ρυθμός των δονήσεων καθορίζει τον ήχο που ακούμε. Ο ρυθμός αυτός ονομάζεται **συχνότητα**. Όταν η συχνότητα (αριθμός δονήσεων ανά sec) είναι χαμηλή, ο ήχος είναι πιο «παχύς» (π.χ. μπάσα φωνή, ήχος τυμπάνου κλπ.). Αυτοί οι ήχοι ονομάζονται ήχοι **χαμηλού τόνου** (χαμηλής συχνότητας). Όταν η συχνότητα (αριθμός δονήσεων ανά sec) είναι υψηλή, ο ήχος είναι πιο «λεπτός» (π.χ. ο ήχος του βιολιού, η φωνή μίας σοπράνο κλπ.). Αυτοί οι ήχοι ονομάζονται ήχοι **υψηλού τόνου** (υψηλής συχνότητας).

Πειραματικό μέρος

Εκτελέστε τα ακόλουθα βήματα για να δημιουργήσετε παλμούς χαμηλής συχνότητας σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 3.1

1ο Βήμα: Συνδέστε την γεννήτρια παλμών (pulse generator) στο τροφοδοτικό (power supply).

2ο Βήμα: Συνδέστε τον ενισχυτή ήχου (audio amplifier) στην γεννήτρια παλμών (pulse generator). Συνδέστε το ηχείο (και τα δύο καλώδια) στον ενισχυτή ήχου (audio amplifier).

3ο Βήμα: Συνδέστε το τροφοδοτικό (power supply) στην πρίζα.

4ο Βήμα: Γυρίστε τον επιλογέα της γεννήτριας παλμών στη θέση για τις χαμηλές συχνότητες. Παρατηρήστε τη λυχνία LED που αναβοσβήνει, στη γεννήτρια παλμών (pulse generator).

5ο Βήμα: Γυρίστε το ποτενσιόμετρο και αυξήστε το ρυθμό με τον οποίο αναβοσβήνει η λυχνία LED και έπειτα μειώστε τον ρυθμό αυτόν σε ένα παλμό/δευτερόλεπτο. Θα ακούσετε αυτή τη συχνότητα παλμών στο ηχείο.

6ο Βήμα: Μετακινείτε τον επιλογέα στη θέση για τις υψηλές συχνότητες. Παρατηρήστε τη λυχνία LED, στη γεννήτρια παλμών (pulse generator). Δεν μπορείτε να δείτε τη λυχνία LED να αναβοσβήνει, αλλά το φως φαίνεται ασθενέστερο.

7ο Βήμα: Γυρίστε το ποτενσιόμετρο. Αυξήστε και μειώστε τον ρυθμό των παλμών και ακούστε το ηχείο. Θα πρέπει να ακούσετε διαφορετικούς ήχους ανάλογα με τη θέση του ποτενσιόμετρου.

8ο Βήμα: Ρυθμίστε τη γεννήτρια για να ακούσετε ένα συγκεκριμένο ήχο δικής σας επιλογής στο ηχείο, το οποίο είναι συνδεδεμένο με τον ενισχυτή ήχου.

9ο Βήμα: Αλλάξτε την ένταση του ποτενσιόμετρου στον ενισχυτή ήχου. Ελέγξτε την επίδραση στον ήχο. Επηρεάζει την συχνότητα του ήχου;

10ο Βήμα: Εκτελέστε το βήμα 9 ξανά, για διαφορετικούς ήχους και βγάλτε τα συμπεράσματά σας.

B. Επιλογή τηλεφωνικού αριθμού και τηλεφωνικά κέντρα

Εισαγωγή

Για την επίτευξη της τηλεφωνικής σύνδεσης δύο συνδρομητών απαιτείται ένα **τηλεφωνικό κέντρο**, το οποίο δέχεται έναν **αριθμό κλήσης** από τον καλούντα συνδρομητή και τον συνδέει με τον καλούμενο συνδρομητή που αντιστοιχεί σε αυτόν τον αριθμό κλήσης. Κάθε ψηφίο του αριθμού κλήσης δημιουργεί μία σειρά από **παλμούς (παλμική κλήση)** ή **τόνους (τονική κλήση)** οι οποίοι αποστέλλονται στο τηλεφωνικό κέντρο και προκαλούν την λειτουργία ορισμένων διατάξεων στο κέντρο, οι οποίοι λέγονται **επιλογείς**.

Η παλμική κλήση προορίζεται για ένα ηλεκτρομηχανικό τηλεφωνικό κέντρο. Σε μία παλμική κλήση ο επιλογέας πρέπει να μετακινηθεί μηχανικά μέχρι την επιθυμητή θέση, παλμό με παλμό. Οι παλμοί δεν μπορούν να φτάσουν πολύ γρήγορα. Αν και ένα ηλεκτρονικό τηλέφωνο με παλμούς θα μπορούσε να δημιουργήσει παλμούς ρεύματος με πολύ υψηλή ταχύτητα, ο ρυθμός θα έπρεπε να επιβραδυνθεί για να τον ακολουθήσουν οι μηχανικοί επιλογείς του κέντρου.

Η τονική κλήση προορίζεται για ένα ηλεκτρονικό τηλεφωνικό κέντρο. Η κλήση θα μπορούσε να είναι πολύ γρήγορη. Κάθε πάτημα ενός πλήκτρου του τηλεφώνου, δημιουργεί δύο τόνους που μεταδίδονται μαζί. Ο ένας τόνος υποδεικνύει τη στήλη και ο δεύτερος τόνος υποδεικνύει την σειρά του πληκτρολογίου. Το τηλεφωνικό κέντρο ξέρει πως να αναγνωρίσει τους τόνους και εντοπίζει ποιος διακόπτης είναι αυτός που έχει πατηθεί.

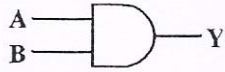
Η τονική κλήση μας δίνει τη δυνατότητα να μεταδίδουμε αριθμούς σε απάντηση διαφόρων ερωτημάτων. Πολλές τηλεφωνικές υπηρεσίες λειτουργούν ζητώντας από τον καλούντα να πληκτρολογήσει κάποιο νούμερο για να εκτελέσει διαφορετικές λειτουργίες υπηρεσιών (για παράδειγμα, την αυτόματη υπηρεσία αφύπνισης). Συχνά όταν καλούμε έναν μεγάλο οργανισμό, μας ζητείται από μία αυτόματη υπηρεσία να πληκτρολογήσουμε έναν αριθμό επέκτασης για να συνδεθούμε με το άτομο που θέλουμε να μιλήσουμε. Ακόμα και τηλεφωνικά παιχνίδια μπορούν να παιχτούν πληκτρολογώντας αριθμούς στο πληκτρολόγιο του τηλεφώνου.

Μεταγωγή Σημάτων

Για την μεταγωγή ψηφιακών σημάτων χρησιμοποιούμε λογικές «πύλες». Η λειτουργία της πύλης AND επεξηγείται στο παρακάτω σχήμα.

Η πύλη AND ως διακόπτης (switch):

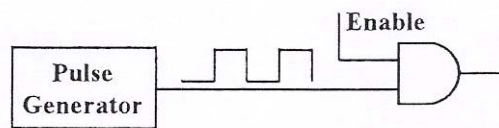
Η πύλη AND συμβολίζεται:



A και **B** είναι οι εισοδοί και **Y** είναι η έξοδος.

Η **Y** είναι ανοιχτή (**ON**) μόνο όταν και οι δύο εισοδοί (**A** και **B**) είναι ανοιχτές (**ON**).

Η λογική πύλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πραγματική πύλη η οποία εμποδίζει τη μεταφορά σημάτων από ένα σύστημα σε ένα άλλο όπως το ακόλουθο σύστημα:

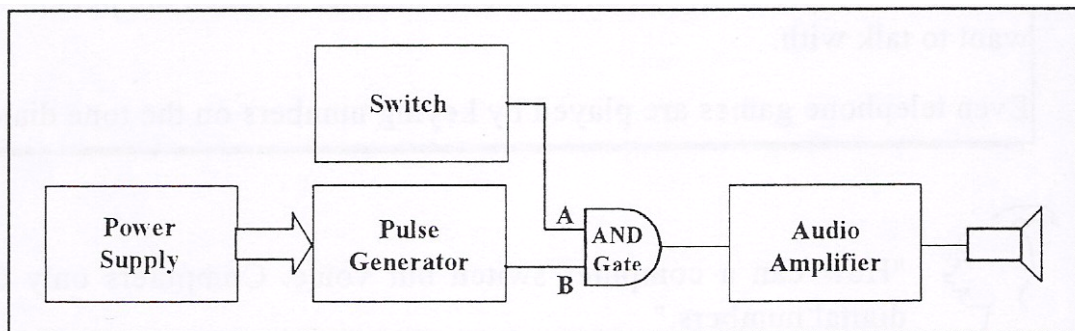


Όταν η είσοδος enable είναι '0', η έξοδος της πύλης AND είναι '0' ανεξάρτητα τι υπάρχει στη γραμμή που μεταφέρει τους παλμούς.

Όταν η είσοδος enable είναι '1', οι παλμοί εμφανίζονται στην έξοδο της πύλης AND.

Σχήμα 3.2

Στο παρακάτω κύκλωμα η πύλη AND είναι μία διάταξη που εμποδίζει ή επιτρέπει τη μεταφορά παλμών από ένα σύστημα σε ένα άλλο.



Σχήμα 3.3

Όταν δεν πιέζεται ο διακόπτης, η είσοδος A γίνεται «0» και αναγκάζει να βγει το «0» στην έξοδο της πύλης, ανεξάρτητα από την κατάσταση της εισόδου B. Επομένως ο παλμός της γεννήτριας δεν μπορεί να φτάσει στον ενισχυτή ήχου.

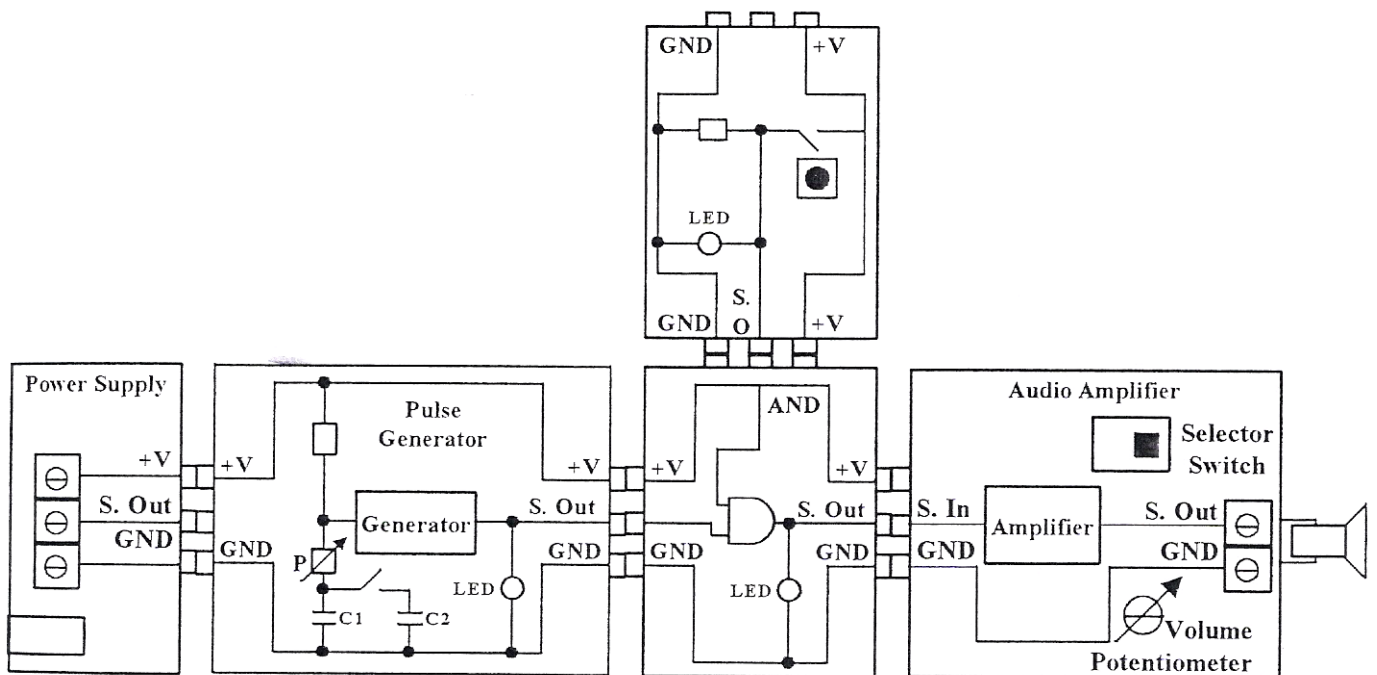
Όταν πιέζεται ο διακόπτης, η είσοδος A γίνεται «1» και αναγκάζει την έξοδο της πύλης να είναι στην ίδια κατάσταση με την είσοδο B. Επομένως οι παλμοί της γεννήτριας που έρχονται στην είσοδο B, θα φτάσουν στον ενισχυτή ήχου και στο ηχείο.

Πειραματικό μέρος

Εκτελέστε τα ακόλουθα βήματα για να ελέγξετε τους παλμούς.

1ο Βήμα: Παρατηρήστε την πύλη AND. Η μονάδα περιλαμβάνει δύο υποδοχές εισόδου για να συνδέσει δύο διαφορετικές μονάδες οι οποίες παρέχουν στην μονάδα AND δύο διαφορετικά σήματα εξόδου και μία υποδοχή εξόδου.

2ο Βήμα: Υλοποιήστε το σύστημα σύμφωνα με το σχηματικό διάγραμμα.



Σχήμα 3.4

3ο Βήμα: Βαθμονομήστε τον ρυθμό της γεννήτριας παλμών σε 1παλμό/δευτερόλεπτο. Η λυχνία LED στην έξοδο της πύλης AND δεν αναβοσβήνει.

4ο Βήμα: Πατήστε τον διακόπτη. Η λυχνία LED της AND θα αναβοσβήσει με τον ίδιο ρυθμό όπως και η γεννήτρια παλμών. Θα πρέπει να ακούσετε μόνο τους παλμούς στο ηχείο όταν είναι πατημένος ο διακόπτης.

5ο Βήμα: Αφήστε τον διακόπτη. Η λυχνία LED της AND θα σταματήσει να ανάβει.

6ο Βήμα: Θέστε τον ρυθμό της γεννήτριας παλμών στην υψηλή συχνότητα.

7ο Βήμα: Πατήστε τον διακόπτη. Θα πρέπει να ακούσετε τον τόνο στο ηχείο. Αν δεν τον ακούσετε, αλλάξτε τον διακόπτη του ποτενσιόμετρου στον ενισχυτή ήχου.

8ο Βήμα: Αφήστε τον διακόπτη. Ο ήχος θα σταματήσει. Με αυτόν τον τρόπο (σύνδεση και αποσύνδεση) μπορούμε να μετάγουμε ήχους.

9ο Βήμα: Χρησιμοποιήστε αυτό το σύστημα για σηματοδότηση με κώδικα Morse.

- Αν θέλουμε να μεταφέρουμε τους παλμούς όταν ο διακόπτης είναι OFF, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την πύλη NOT. Η λειτουργία της πύλης NOT επεξηγείται στο παρακάτω σχήμα.

Πύλη NOT

Η πύλη NOT συμβολίζεται: $A \longrightarrow \text{NOT} \longrightarrow Y$

A είναι η είσοδος και Y είναι η έξοδος.

Το Y είναι ανοιχτό (ON) όταν το A είναι κλειστό (OFF) και το Y είναι κλειστό (OFF) όταν το A είναι ανοιχτό(ON).

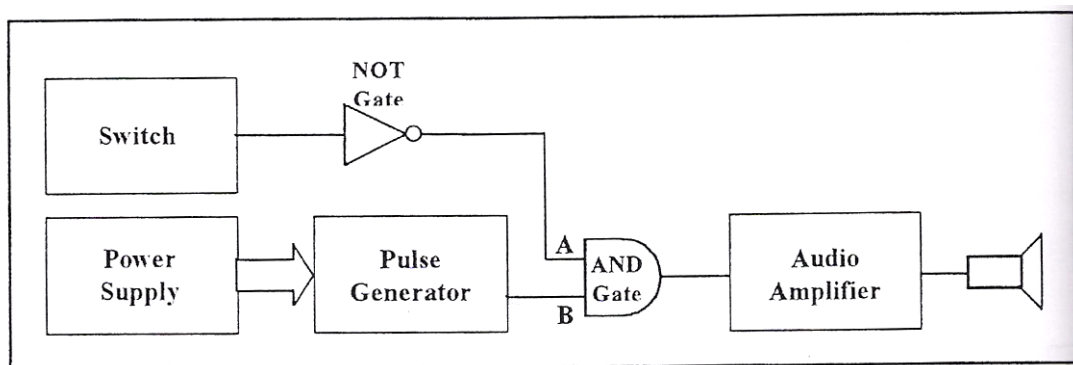
Ο πίνακας αληθείας της πύλης NOT φαίνεται παρακάτω:

A	Y
0	1
1	0

Η έξοδος Y είναι '1' (ON) όταν η είσοδος A είναι '0' (OFF)

Σχήμα 3.5

Υλοποιήστε το ακόλουθο κύκλωμα και ελέγξτε τη λειτουργία του.



Σχήμα 3.6

1ο Βήμα: Παρατηρήστε την πύλη NOT.

2ο Βήμα: Βαθμονομήστε τον ρυθμό της γεννήτριας σημάτων σε παλμό/δευτερόλεπτο. Η λυχνία LED στην έξοδο της πύλης AND θα αναβοσβήσει. Θα πρέπει να ακούσετε μόνο ήχους χτυπήματος στο ηχείο.

3ο Βήμα: Πατήστε τον διακόπτη. Η λυχνία LED της πύλης AND θα σταματήσει να αναβοσβήνει.

4ο Βήμα: Αφήστε τον διακόπτη. Η λυχνία LED της πύλης AND θα αναβοσβήνει και πάλι.

5ο Βήμα: Θέστε τον ρυθμό της γεννήτριας παλμών στην υψηλή συχνότητα και εκτελέστε το πείραμα πάλι.

Σχεδιάστε ένα σύστημα (λογικό διάγραμμα) το οποίο θα περιλαμβάνει έναν διακόπτη, δύο πύλες AND, μία πύλη NOT και μία γεννήτρια παλμών. Όταν ο διακόπτης δεν είναι πατημένος, οι παλμοί από την γεννήτρια παλμών θα μεταφέρονται στην έξοδο της μίας πύλης AND. Όταν ο διακόπτης θα είναι πατημένος, οι παλμοί από την γεννήτρια παλμών θα μεταφέρονται στην έξοδο της άλλης πύλης AND.

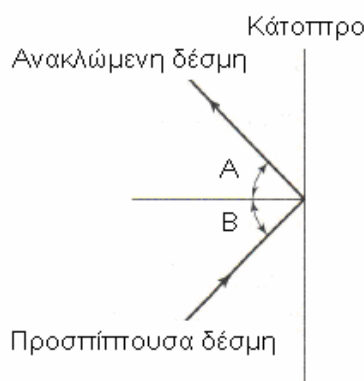
ΑΣΚΗΣΗ 4: Φως, laser και οπτική ίνα

Εισαγωγή

Οι οπτικές ίνες είναι μέσα μετάδοσης που μεταφέρει φως αντί για ηλεκτρικά σήματα. Κατασκευάζονται από γυαλί ή από διαφανές πλαστικό που περιβάλλεται από ένα πλαστικό υλικό επικάλυψης που ονομάζεται περίβλημα. Το μέγεθος του καλωδίου και του περιβλήματος προκαλεί το φως, το οποίο εισέρχεται από το ένα άκρο, να ανακλαστεί στα τοιχώματα και να βγει από το άλλο άκρο. Η οπτική ίνα από πλαστικό χάνει περισσότερο φως από ότι η οπτική ίνα από γυαλί, αλλά είναι αρκετά πιο φθηνή. Αν το φως μπαίνει ευθεία και το καλώδιο της οπτικής ίνας δεν είναι λυγισμένο, τότε κινείται σε ευθεία γραμμή, αλλά ενδεχομένως το καλώδιο οπτικής ίνας μπορεί να είναι κάπου λυγισμένο και έτσι το φως ανακλάται και πάλι στα τοιχώματα.

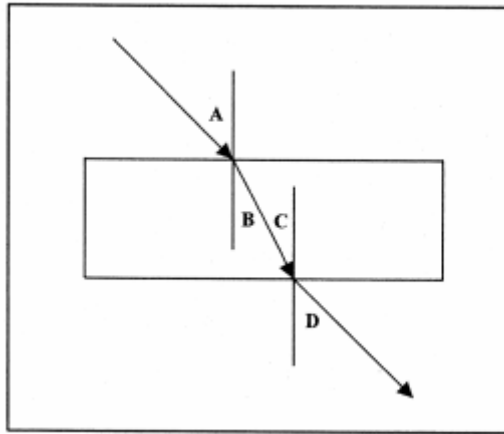
Η φωτεινή ένταση κάθε πηγής φωτός μετρείται με «κεριά» (πόσα κεριά θα δημιουργήσουν την ίδια ένταση φωτός). Η ένταση του φωτός ανά μονάδα επιφάνειας μετρείται με μονάδες που ονομάζονται **LUX**.

Όταν μία δέσμη φωτός προσκρούσει σε μία επιφάνεια (π.χ. ένα κάτοπτρο), ανακλάται με την ίδια γωνία (σχήμα 4.1). Δηλαδή ισχύει $A=B$.



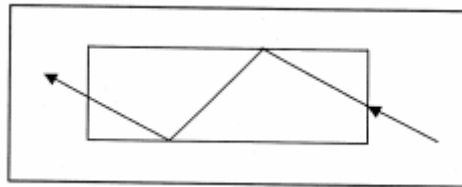
Σχήμα 4.1

Όταν μία δέσμη φωτός περνά από ένα λιγότερο πυκνό υλικό σε ένα περισσότερο πυκνό υλικό, αλλάζει πορεία. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **διάθλαση** (σχήμα 4.2). Η γωνία διάθλασης B σε αυτή την περίπτωση, είναι μικρότερη από τη γωνία πρόσπτωσης A. Επίσης η δέσμη αλλάζει πορεία, όταν περνά από ένα πυκνό υλικό σε ένα λιγότερο πυκνό υλικό. Αυτή τη φορά η γωνία D είναι μεγαλύτερη από τη γωνία πρόσπτωσης C.



Σχήμα 4.2

Όταν προβάλλουμε φως σε ένα διαφανές υλικό με γωνία μεγαλύτερη από μία συγκεκριμένη γωνία (η οποία εξαρτάται από το ίδιο το υλικό), οι δέσμες ανακλώνται από τοίχωμα σε τοίχωμα και δεν βγαίνουν έξω, αν και το υλικό είναι διαφανές. Η γωνία αυτή ονομάζεται **κρίσιμη γωνία** (σχήμα 4.3).



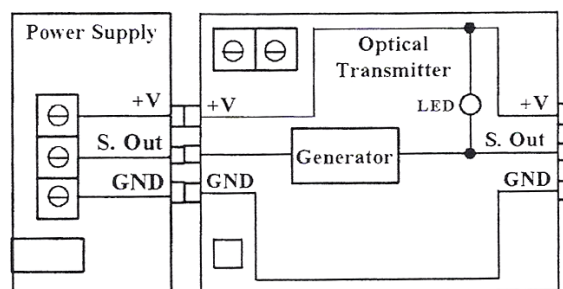
Σχήμα 4.3

Οι οπτικές ίνες είναι επίσης σημαντικές και στην ιατρική. Σε καθετηριασμό, οι οπτικές ίνες εισάγονται στο σώμα του ασθενούς. Μέσω της οπτικής ίνας ανάβουν την αρτηρία και μέσω της άλλης οπτικής ίνας παρακολουθούν. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να εξετάσουμε το σώμα χωρίς την ανάγκη της εγχείρησης. Σήμερα, οι εσωτερικές εγχειρήσεις εκτελούνται επίσης με οπτικές ίνες χωρίς νυστέρι. Μαζί με το καλώδιο καθετηριασμού, εισάγουν ένα καλώδιο το οποίο περιλαμβάνει εργαλεία εγχείρησης με τα οποία χειρουργούν έξω από το σώμα.

Πειραματικό μέρος

A) Εκτελέστε τα ακόλουθα βήματα:

1^ο Βήμα: Βρείτε τον οπτικό πομπό (optical transmitter) και το τροφοδοτικό (power supply) και συνδέστε τα μεταξύ τους.



Σχήμα 4.4

2^ο Βήμα: Συνδέστε το τροφοδοτικό (power supply) στην μονάδα παροχής ισχύος και στην πρίζα. Η λυχνία LED στον οπτικό πομπό θα πρέπει να είναι κόκκινη.

3^ο Βήμα: Γυρίστε τη λυχνία LED σε ένα πάγκο ή σε ένα λευκό χαρτί πάνω στον πάγκο, όσο το δυνατόν πλησιέστερα. (Συνιστάται να συσκοτίσετε την περιοχή του πειράματος). Θα πρέπει να βλέπετε έναν μικρό κύκλο από φως.

4^ο Βήμα: Σιγά-σιγά απομακρύνεται τον οπτικό πομπό από τον πάγκο. Η φωτεινή δέσμη θα διευρυνθεί και η ένταση του φωτός θα μειωθεί σημαντικά.

Β) Στη συνέχεια εκτελέστε τα ακόλουθα βήματα:

1^ο Βήμα: Βρείτε το laser.

2^ο Βήμα: Βάλτε ένα χαρτί μπροστά από το laser και ανάψτε το. Θα πρέπει να δείτε έναν μικρό κύκλο από φως. Μετρήστε τη διάμετρο του κύκλου σε χιλιοστά.

3^ο Βήμα: Απομακρύνεται το χαρτί από το λέιζερ. Η ένταση του φωτός άλλαξε; Το πλάτος της δέσμης φωτός άλλαξε;

Γ) Στη συνέχεια εκτελέστε τα ακόλουθα βήματα:

1^ο Βήμα: Στην επόμενη σελίδα θα βρείτε ένα σχέδιο, το οποίο περιγράφει το στόχο που πρέπει να πετύχετε με την ακτίνα laser. Αντιγράψτε το σχέδιο σε λευκή σελίδα και βάλτε την μπροστά από το laser.

2^ο Βήμα: Βάλτε κάποιο αντικείμενο στον στόχο (π.χ. μία μικρή γόμα, μία ξύστρα κ.λ.π). Τοποθετήστε το laser στην άλλη πλευρά της σελίδας, στην επιλεγμένη περιοχή. Δεν θέλουμε η ακτίνα laser να διασχίσει το σκιαγραμμισμένο ορθογώνιο.

3^ο Βήμα: Το κιτ περιλαμβάνει δύο κάτοπτρα.

4^ο Βήμα: Χρησιμοποιείτε το κάτοπτρο για να αλλάξετε την πορεία της ακτίνας laser, ώστε να πετύχετε τον στόχο.

5^ο Βήμα: Σημειώστε τη θέση του κατόπτρου και τη διαδρομή της δέσμης στη σελίδα.

6^ο Βήμα: Μετρείστε τις γωνίες πρόσπτωσης και ανάκλασης.

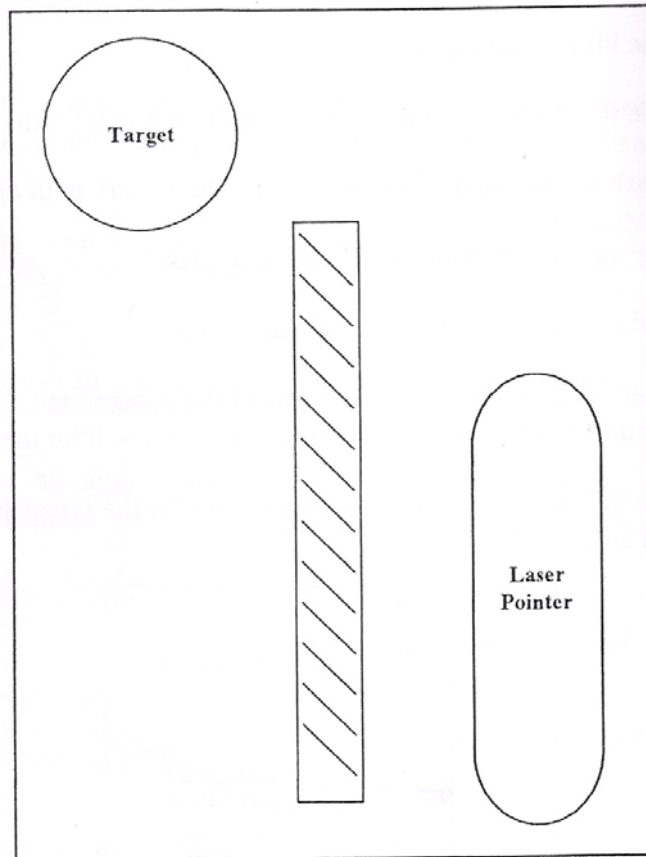
7^ο Βήμα: Είναι η γωνία πρόσπτωσης ίση με την γωνία ανάκλασης;

8^ο Βήμα: Υπάρχουν περισσότερες από μία λύσεις για αυτή την εργασία. Βάλτε το κάτοπτρο σε άλλο σημείο και στοχεύστε ξανά μέχρι που η δέσμη να πετύχει τον στόχο.

9^ο Βήμα: Προσπαθήστε να χρησιμοποιήσετε δύο κάτοπτρα, ώστε να πετύχετε τον στόχο από την αριστερή του πλευρά.

Σχεδιάστε μία σελίδα που να περιγράφει:

1. Την θέση του laser.
2. Την θέση του στόχου.
3. Την θέση του κατόπτρου και της επιφάνειας όπου προσπίπτει η δέσμη.
4. Την κατεύθυνση της δέσμης που προσπίπτει στο κάτοπτρο.
5. Την κατεύθυνση της ανακλώμενης γωνίας.
6. Τη γωνία πρόσπτωσης και το μέγεθος της σε μοίρες.
7. Τη γωνία ανάκλασης και το μέγεθος της σε μοίρες.



Σχήμα 4.5

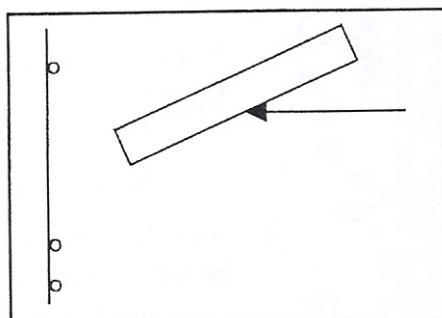
Δ) Στη συνέχεια εκτελέστε τα ακόλουθα βήματα:

1^ο Βήμα: Βάλτε το laser στο τραπέζι.

2^ο Βήμα: Βάλτε ένα μεγάλο βιβλίο ή τη βαλίτσα του κιτ απέναντι από το laser ώστε να χρησιμοποιηθεί ως παραπέτασμα.

3^ο Βήμα: Μέσα στο κιτ θα βρείτε ένα διαφανές πλαστικό ορθογώνιο. Πάρτε το και βάλτε το μπροστά από το laser έτσι ώστε η μεγάλη πλευρά του να κατευθύνεται προς το laser.

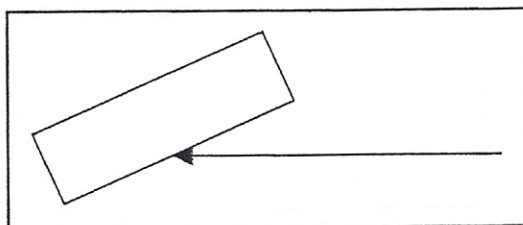
4^ο Βήμα: Ανάψτε το laser και κουνήστε το πλαστικό ορθογώνιο ώστε η ακτίνα του laser να το χτυπήσει με μία γωνία, ώστε να μπορείτε να δείτε το φως του laser στην αριστερή πλευρά του ορθογωνίου και δύο φωτεινά σημεία στη δεξιά (κατά την κατεύθυνση της δέσμης).



Εικόνα 4.6

5^ο Βήμα: Για να καταλάβουμε από πού προέρχονται τα δύο φωτεινά σημεία, βάλτε το πλαστικό ορθογώνιο πάνω στον πάγκο και σημαδέψτε την στενή πλευρά του με το λέιζερ.

6^ο Βήμα: Προβάλλετε την ακτίνα του laser παράλληλα με το τραπέζι (να σχηματίζει μία γωνία με το πλαστικό ορθογώνιο). Θα πρέπει να δείτε τις δέσμες ανάκλασης και διάθλασης. Επίσης θα πρέπει να δείτε ότι οι ακτίνες οι οποίες περνούν από το πλαστικό ορθογώνιο και βγαίνουν από την άλλη πλευρά είναι παράλληλες με την δέσμη πρόσπτωσης του laser.



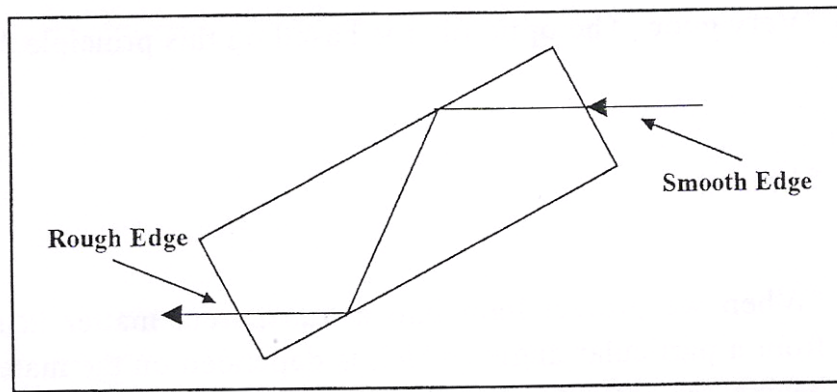
Σχήμα 4.7

Σχεδιάστε σε ένα χαρτί τις διαφορετικές δέσμες (πρόσπτωσης, διάθλασης και ανάκλασης) και τις διαδρομές τους προς και μέσα στο πλαστικό ορθογώνιο.

Ε) Στη συνέχεια εκτελέστε τα ακόλουθα βήματα:

1^ο Βήμα: Βάλτε το πλαστικό ορθογώνιο πάνω στον πάγκο. Βρείτε τη λεία άκρη του πλαστικού και από την αντίθετη πλευρά την τραχιά άκρη.

2^ο Βήμα: Προβάλλετε την δέσμη του laser προς την ομαλή πλευρά του πλαστικού όπως φαίνεται στην ακόλουθο σχήμα.



Εικόνα 4.8

3^ο Βήμα: Προσδιορίστε τη διαδρομή της δέσμης μέσα από το πλαστικό ορθογώνιο.

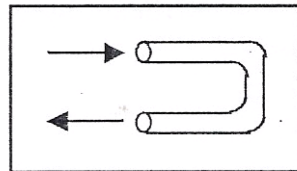
4^ο Βήμα: Αλλάξτε την γωνία πρόσπτωσης της δέσμης και δείτε την επίδρασή της στην κίνησή της μέσα στο πλαστικό ορθογώνιο και τη θέση της πρόσπτωσής της στην τραχιά πλευρά.

5^ο Βήμα: Ελέγξτε αν η δέσμη βγαίνει επιτυχώς από την ακμές του ορθογωνίου.

6^ο Βήμα: Σχεδιάστε τη διαδρομή της ακτίνας μέσα στο πλαστικό ορθογώνιο.

ΣΤ) Στη συνέχεια εκτελέστε τα ακόλουθα βήματα:

1^ο Βήμα: Βρείτε στο κιτ μία στρογγυλή πλαστική ράβδο.



Εικόνα 4.9

2^ο Βήμα: Προβάλλετε την δέσμη του laser μέσα από την μία πλευρά της ράβδου και παρατηρείστε την να βγαίνει από την άλλη πλευρά.

3^ο Βήμα: Το κιτ περιλαμβάνει και μία οπτική ίνα περιτυλιγμένη σε ένα μαύρο πλαστικό για την προστασία της. Φτιάξτε έναν δακτύλιο με την οπτική ίνα (μην την σφίξετε πολύ, ειδάλλως θα σπάσει)

4^ο Βήμα: Προβάλλετε την ακτίνα μέσα από την μία πλευρά της οπτικής ίνας και παρατηρείστε ότι εξέρχεται από την άλλη πλευρά, παρόλο που έχει σχήμα δακτυλίου.

5^ο Βήμα: Δείτε την πλευρά από την οποία βγαίνει το φως και πέφτει πάνω στον πάγκο και θα δείτε ότι μπορείτε να φωτίσετε με την βοήθεια της οπτικής ίνας.

ΑΣΚΗΣΗ 5: Οπτική Επικοινωνία

Εισαγωγή

Όταν η διάμετρος του πυρήνα μιας οπτικής ίνας γυαλιού είναι πολύ μικρή, η φωτεινή ενέργεια τείνει να κινείται σχεδόν σε ευθεία γραμμή μέσω της ίνας. Αυτές οι ίνες γυαλιού, με πολύ μικρή διάμετρο (περίπου 0,1 mm) χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες επειδή χάνουν πολύ λίγη ενέργεια.

Οι οπτικές ίνες έχουν πολλά πλεονεκτήματα:

- Το σύστημα είναι πολύ ασφαλές. Δεν μπορεί να γίνει υποκλοπή της συνομιλίας σε ένα καλώδιο οπτικής ίνας.
- Το καλώδιο οπτικής ίνας είναι ασφαλές από τυχόν παρεμβολές, ηλεκτρομαγνητικές επαγωγές και ζημιές λόγω νερού.
- Μία οπτική ίνα μπορεί να μεταφέρει χιλιάδες σήματα ομιλίας (συνομιλίες). Για λόγους σύγκρισης, ένα καλώδιο χαλκού μπορεί να μεταφέρει εκατοντάδες συνομιλίες, ενώ μία οπτική ίνα μπορεί να μεταφέρει χιλιάδες ψηφιακά μηνύματα και συνομιλίες από υπολογιστή σε υπολογιστή πολύ γρηγορότερα.

Ένα οπτικό καλώδιο περιέχει πολλές οπτικές ίνες. Ένα οπτικό καλώδιο σαν αυτό εγκαταστάθηκε από την Ν. Υόρκη μέχρι το Παρίσι και από τη Ν. Υόρκη μέχρι το Λονδίνο και έτσι σύνδεσε την Αμερική με την Ευρώπη. Ένα παρόμοιο καλώδιο εκτείνεται μεταξύ Αμερικής, Ιαπωνίας και Αυστραλίας.

Οι οπτικές ίνες έχουν σχεδόν αμελητέο βάρος, σε σχέση με τα ηλεκτρικά καλώδια. Γι' αυτό η χρήση τους σε αεροπλάνα και πλοία για την επικοινωνία μεταξύ του πιλοτηρίου και του υπόλοιπου μέρους του οχήματος, είναι ευρεία. Έχουν αντικαταστήσει τα βαριά ηλεκτρικά καλώδια. Τα ηλεκτρικά καλώδια πρέπει να έχουν ένα μεταλλικό περίβλημα, για να προστατεύονται από ηλεκτρικές παρεμβολές, ενώ οι οπτικές ίνες δεν το χρειάζονται. Η εξοικονόμηση από τη χρήση οπτικών ινών σε αεροπλάνα και πλοία είναι τεράστια. Οι βιομηχανίες αυτοκινήτων αρχίζουν επίσης να χρησιμοποιούν οπτικές ίνες.

Τα αεροπλάνα κινούνται όλο και περισσότερο με την ασύρματη πλοήγηση. Αντί του τιμονιού ο πιλότος χρησιμοποιεί έναν μοχλό (όπως ένα χειριστήριο (joystick) σε παιχνίδια στον υπολογιστή). Η κίνηση αυτού του μοχλού δημιουργεί σήματα που μεταδίδονται στον υπολογιστή ελέγχου και ο υπολογιστής στέλνει οδηγίες για το χειρισμό των διαφορετικών κινητήρων που βοηθούν το αεροπλάνο να πετάξει. Διαφορετικοί αισθητήρες στέλνουν τα σήματα τους στο πιλοτήριο.

Η ηλεκτρονική επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων συστημάτων σε αεροπλάνα, πλοία και αυτοκίνητα έχει επεκταθεί εντυπωσιακά.

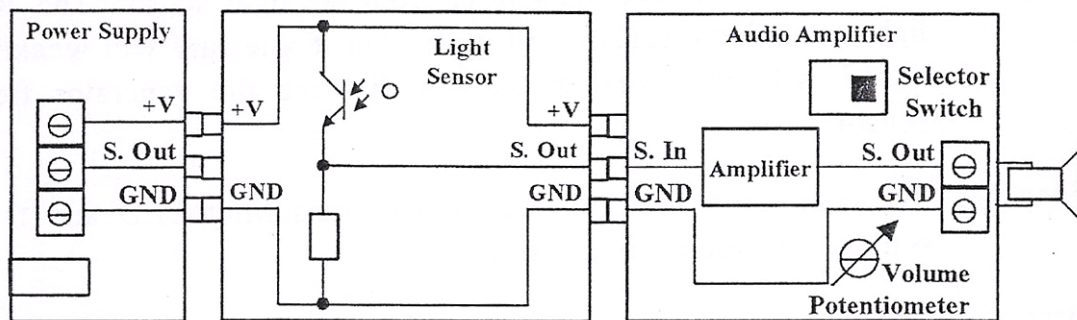
Πειραματικό μέρος

A) ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Εκτελέστε τα ακόλουθα βήματα:

1^ο Βήμα: Συνδέστε το ηχείο στον ενισχυτή ήχου (audio amplifier).

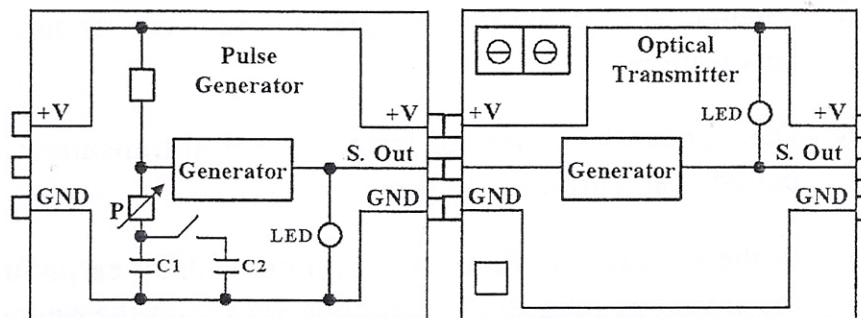
2^ο Βήμα: Συνδέστε τον αισθητήρα φωτός (light sensor) και το τροφοδοτικό (power supply) στον ενισχυτή ήχου προκειμένου να φτιάξετε το ακόλουθο σύστημα:



Σχήμα 5.1

3^ο Βήμα: Συνδέστε το τροφοδοτικό στο ρεύμα.

4^ο Βήμα: Πάρτε την γεννήτρια παλμών (pulse generator) και τον οπτικό πομπό (optical transmitter) και συνδέστε τα ως εξής:



Σχήμα 5.2

5^ο Βήμα: Πάρτε το κατσαβίδι και συνδέστε τη μπαταρία των 9 Volt στον οπτικό πομπό (optical transmitter). Η λυχνία LED στη γεννήτρια παλμών (pulse generator) θα αναβοσβήνει, όπως και η λυχνία LED στον οπτικό πομπό.

6^ο Βήμα: Ρυθμίστε τον ρυθμό που αναβοσβήνει η λυχνία LED στη γεννήτρια παλμών, σε έναν παλμό/δευτερόλεπτο.

7^ο Βήμα: Γυρίστε τη λυχνία LED του οπτικού πομπού (optical transmitter) προς τον αισθητήρα φωτός (light sensor).

8^ο Βήμα: Θα πρέπει να ακούσετε κρουστικούς ήχους στο ηχείο, σύμφωνα με τον ρυθμό της γεννήτριας παλμών (pulse generator).

9^ο Βήμα: Βάλτε τη συχνότητα της γεννήτριας παλμών (pulse generator) στην υψηλή συχνότητα. Αναλόγως θα πρέπει να αλλάξει και ο ήχος.

10^ο Βήμα: Αλλάξτε τη συχνότητα της γεννήτριας παλμών (pulse generator) με το ποτενσιόμετρο. Αναλόγως θα πρέπει να αλλάξει και ο ήχος.

11^ο Βήμα: Απομακρύνεται τον οπτικό πομπό (optical transmitter) από τον αισθητήρα φωτός (light sensor). Ο κύκλος φωτός γύρω από τον αισθητήρα φωτός (light sensor) θα μεγαλώσει, αλλά η ένταση θα εξασθενήσει. Ο ήχος θα εξασθενήσει επίσης όσο απομακρύνεται η γεννήτρια παλμών (pulse generator) από τον αισθητήρα φωτός (light sensor).

12^ο Βήμα: Βάλτε το χέρι σας ανάμεσα στην λυχνία LED του οπτικού πομπού (optical transmitter) και τον αισθητήρα φωτός (light sensor). Ο ήχος θα σταματήσει.

13^ο Βήμα: Συνδέστε την οπτική ίνα μεταξύ της λυχνίας LED του οπτικού πομπού (optical transmitter) και του αισθητήρα φωτός (light sensor).

14^ο Βήμα: Θα πρέπει να ακούσετε έναν ήχο στο ηχείο. Η απόσταση μεταξύ τους δεν παίζει ρόλο.

15^ο Βήμα: Αλλάξτε τη συχνότητα της γεννήτριας παλμών (pulse generator) και αναλόγως θα πρέπει να αλλάξει και ο ήχος.

16^ο Βήμα: Αποσυνδέστε την γεννήτρια παλμών (pulse generator) από τον οπτικό πομπό (optical transmitter). Ο οπτικός πομπός (optical transmitter) περιλαμβάνει μία υποδοχή για ακουστικό.

17^ο Βήμα: Στο κιτ θα βρείτε ένα μικρόφωνο με ένα βύσμα ακουστικού. Συνδέστε το βύσμα ακουστικού στην υποδοχή του ακουστικού του οπτικού πομπού.

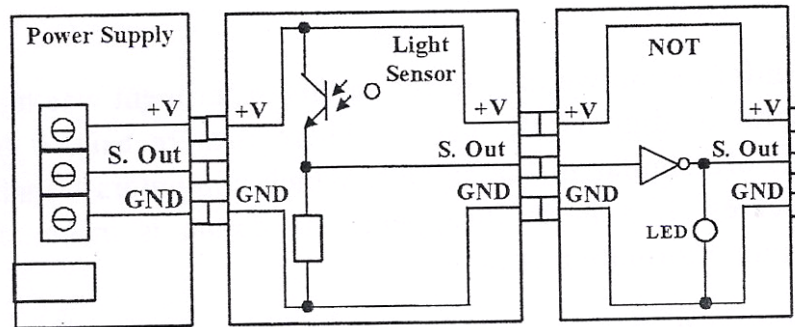
18^ο Βήμα: Μιλήστε στο μικρόφωνο, όσο ο οπτικός πομπός είναι συνδεδεμένος με τον αισθητήρα φωτός (light sensor) διαμέσου της οπτικής ίνας. Θα πρέπει να ακούσετε την φωνή σας στο ηχείο. Αλλάξτε το ποτενσιόμετρο της έντασης στον ενισχυτή ήχου και αναλόγως θα αλλάξει και η ένταση της φωνής σας στο ηχείο.

19^ο Βήμα: Αποσυνδέστε την μπαταρία από τον οπτικό πομπό.

B) ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ Η/Υ

Εκτελέστε τα ακόλουθα βήματα:

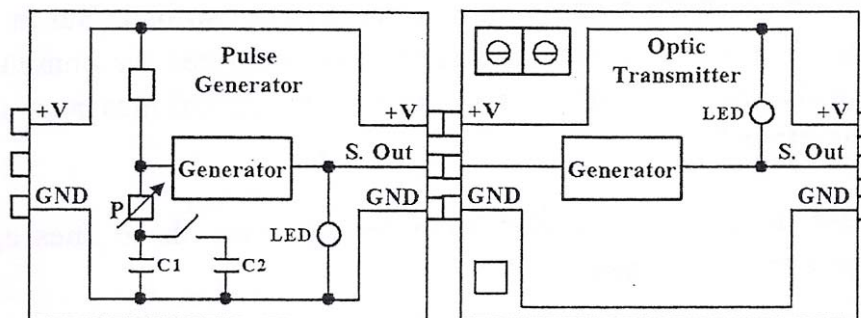
1^ο Βήμα: Θα βρείτε στο κιτ την πύλη NOT. Δημιουργήστε το ακόλουθο σύστημα:



Σχήμα 5.3

2^ο Βήμα: Συνδέστε το τροφοδοτικό (power supply) στην πρίζα.

3^ο Βήμα: Συνδέστε τη γεννήτρια παλμών (pulse generator) με τον οπτικό πομπό (optical transmitter). Αποσυνδέστε το μικρόφωνο και ελέγξτε ότι η μπαταρία είναι συνδεδεμένη με τον οπτικό πομπό.



Σχήμα 5.4

4^ο Βήμα: Συντονίστε τη συχνότητα της γεννήτριας στη χαμηλή συχνότητα (αργός ρυθμός).

5^ο Βήμα: Γυρίστε το κουμπί της ευαισθησίας του αισθητήρα φωτός (light sensor) στο κέντρο του κύκλου του.

6^ο Βήμα: Γυρίστε τη λυχνία (LED) του οπτικού πομπού (optical transmitter) απέναντι από τον αισθητήρα φωτός (light sensor). Οι παλμοί φωτός θα πρέπει να επηρεάζουν την πύλη NOT και τη λυχνία της, LED.

7^ο Βήμα: Αν η πύλη NOT δεν ανταποκρίνεται, αλλάξτε το κουμπί της ευαισθησίας λίγο, μέχρι που η λυχνία (LED) της πύλης NOT να αρχίσει να αναβοσβήνει σύμφωνα με τη γεννήτρια παλμών (generator pulses).

8^ο Βήμα: Συνδέστε την οπτική ίνα μεταξύ το οπτικού πομπού (optical transmitter) και του αισθητήρα φωτός (light sensor). Είναι πιθανό να χρειαστεί να ρυθμίσετε το κουμπί της ευαισθησίας ξανά, για να λάβετε την αντίδραση της πύλης NOT.

9^ο Βήμα: Αλλάξτε τη συχνότητα της γεννήτριας παλμών (pulse generator) και ελέγξτε την επίδραση που έχει αυτή η αλλαγή στη λυχνία LED της πύλης NOT.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. A. Michael Noll, “Introduction to Telephones and Telephone Systems, 3rd Edition, *Artech House*, 1998
2. Σ. Τσίτσος, «Δίκτυα Τηλεπικοινωνιών και Μετάδοσης», *Διδακτικές Σημειώσεις, ΤΕΙ Σερρών*.
3. Arieh Nachum. “Communication Systems TPS-3714”, 2nd Edition, *Scientific Educational Systems Ltd*.