

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΙ

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσα

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα: ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΡΟΠΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΩΝ ΣΤΙΣ  
ΖΩΝΕΣ VHF/UHF/SHF

ΝΙΚΚΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ Α.Μ. 145

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2008

## Κεφάλαιο 1: Οι αισθητήρες

### Αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός (Α.Μ.Σ.)

Όλα τα συστήματα των αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών αποτελούνται από:

Ένα σύνολο **αισθητήρων**, που εισάγουν τα πρωτογενή μετεωρολογικά δεδομένα στη περιφερειακή μονάδα μνήμης

Την **περιφερειακή μονάδα μνήμης (data logger)**, που συλλέγει τα πρωτογενή μετεωρολογικά στοιχεία από τους αισθητήρες. Επεξεργάζεται τα δεδομένα αυτά σε δευτερογενή (μέσες τιμές ωριαίες τιμές τιμές εξάωρων, κ.λ.π.), τα αποθηκεύει και τα μεταδίδει, ή τα αποθηκεύει δίχως επεξεργασία και τα μεταδίδει σε προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα στη κεντρική υπολογιστική μονάδα. Στην πρώτη περίπτωση είναι μειωμένος ο όγκος των μεταδιδόμενων δεδομένων, αλλά απαιτείται ένας επεξεργαστής δεδομένων σε κάθε απομακρυσμένο σταθμό. Στη δεύτερη περίπτωση απαιτείται πιο αξιόπιστο δίκτυο επικοινωνίας και κεντρικός υπολογιστής πολυπλοκότερου προγραμματισμού (Software), μεγαλύτερης ταχύτητας και μνήμης.

Την **κεντρική υπολογιστική μονάδα (CPU)**, που συγκεντρώνει, επεξεργάζεται, αποθηκεύει και εκτυπώνει τα μετρούμενα στοιχεία από τις

### Τι είναι αισθητήρας;

Οι αισθητήρες μπορεί να είναι ξεχωριστές συσκευές ή περίπλοκες κατασκευές, άλλα όποια κι αν είναι η μορφή τους επιτελούν όλοι την ίδια βασική λειτουργία που είναι η ανίχνευση ενός σήματος ή μιας διέγερσης και η παραγωγή μιας μετρήσιμης εξόδου.

### Χαρακτηριστικά των αισθητήρων.

Η επιλογή κάποιου αισθητήρα για ένα σύστημα μέτρησης ή ελέγχου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι το κόστος, η διαθεσιμότητα και οι περιβαλλοντολογικοί παράγοντες. Όταν επιλέγουμε έναν αισθητήρα είναι σημαντικό να προσαρμόζονται τα χαρακτηριστικά του στην

ποιότητα της εξόδου που απαιτούμε να λαμβάνουμε. Υπάρχουν για παράδειγμα, πολλά είδη αισθητήρων που μπορούν να μετρούν την θερμοκρασία, αλλά δεν είναι κατάλληλα για να δείχνουν την θερμοκρασία του αέρα σε έναν κηπουρό. Μερικά είδη δεν μπορούν να μετρήσουν το εύρος των θερμοκρασιών του αέρα, αλλά θα ήταν πολύ ακριβά και άλλα απαιτούν επιπρόσθετη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας.

- **Ακρίβεια (accuracy)**

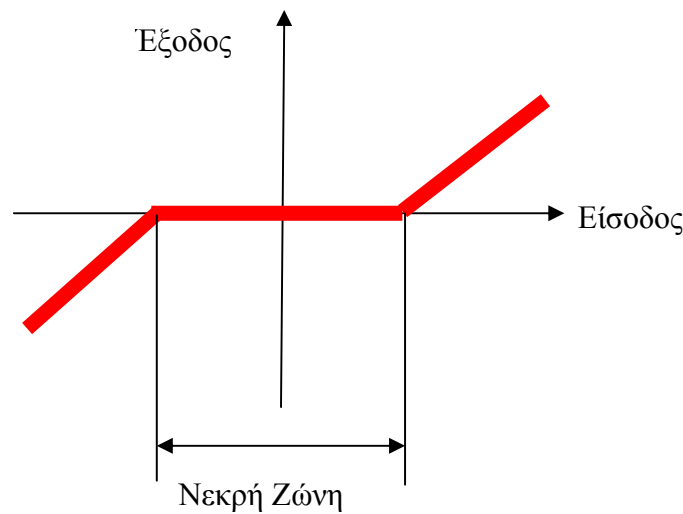
Η ακρίβεια μιας συσκευής ή ενός συστήματος είναι ο βαθμός στον οποίο η τιμή την οποία δημιουργεί μπορεί να είναι εσφαλμένη, ή αλλιώς το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να παράγει. Στην περίπτωση ενός αισθητήρα, είναι η εγγύτητα της τιμής της εξόδου προς την μετρούμενη τιμή. Στην πράξη, κάθε συσκευή παράγει κάποιο σφάλμα, οσοδήποτε μικρό, και έχει κάποιο πεπερασμένο βαθμό ακρίβειας. Αυτή μπορεί να εκφραστεί ως προς της μονάδες της μετρούμενης ποσότητας, και έτσι για παράδειγμα έχουμε θερμομέτρα με ακρίβεια  $\pm 0,2^{\circ}$  C. Αυτό σημαίνει ότι εάν λάβουμε μια μέτρηση θερμοκρασίας με το θερμομέτρο αυτό και δούμε ότι η τιμή που προκύπτει είναι  $20,1^{\circ}$ C, τότε η πραγματική θερμοκρασία θα βρίσκεται κάπου μεταξύ  $19,9^{\circ}$ C και  $20,3^{\circ}$ C. Με άλλο τρόπο, η ακρίβεια μπορεί να εκφραστεί ως το επί τοις εκατό σφάλμα ως προς το εύρος μέτρησης μιας συσκευής.

- **Βαθμονόμηση (calibration)**

Η έννοια της βαθμονόμησης μιας συσκευής αναφέρεται στις μονάδες, στις οποίες βαθμολογείται η κλίμακα εμφάνισης ή καταγραφής ενός οργάνου. Για παράδειγμα, ένα είδος αισθητήρα που μετρά την ταχύτητα ενός οχήματος παράγει μια ηλεκτρική έξοδο. Το μέγεθος της τάσης είναι ανάλογο της ταχύτητας του οχήματος. Ο δέκτης του ταχύμετρου κινείται ανάλογα με την τάση που εφαρμόζεται σ' αυτόν, αλλά η θέση του χαρακτηρίζεται από κάποια τιμή ταχύτητας και όχι από κάποια τιμή τάσης. Άρα λέμε ότι το ταχύμετρο βαθμονομείται ως προς την ταχύτητα.

- **Νεκρή Ζώνη (dead zone, dead band)**

Όταν οι προδιαγραφές αναφέρονται σε μια νεκρή ζώνη, αυτή δηλώνει το μέγιστο ποσό αλλαγής της μετρούμενης ποσότητας που δεν προκαλεί αλλαγή στην έξοδο, ή αλλιώς το εύρος τιμών εισόδου που δεν προκαλεί εμφάνιση κάποιων εξόδου. Οι νεκρές ζώνες προκύπτουν λόγω στατικής τριβής ή υστέρησης



σχήμα 1 Νεκρή Ζώνη

Δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει νεκρή ζώνη καθ' όλο το εύρος ενός οργάνου και συχνά οι υπολογίσιμες νεκρές ζώνες εμφανίζονται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Ένα κοινό παράδειγμα νεκρής ζώνης υπάρχει στον διακόπτη ρύθμισης της έντασης ενός οικιακού φωτιστικού σώματος. Συχνά, όταν ο διακόπτης στην τιμή μηδέν και στη συνέχεια στραφεί για να ξεκινήσει ο φωτισμός, δεν υπάρχει άμεση απόκριση, δηλαδή η λάμπα δεν φωτίζει αμέσως. Στην περίπτωση η νεκρή ζώνη εκτείνεται από το σημείο μηδέν έως το σημείο που η λάμπα φωτίζει για πρώτη φορά.

### • Διαστάσεις

Οι διαστάσεις ενός αισθητήρα ή συστήματος μέτρησης είναι το μέτρο του φυσικού του μεγέθους και αναγράφονται σχεδόν πάντοτε στις προδιαγραφές του.

### • Ολίσθηση(drift)

Ολίσθηση ονομάζεται η φυσική τάση μιας συσκευής ή συστήματος να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του με τον χρόνο και λόγω περιβαλλοντικών μεταβολών. Εμφανίζεται τότε μεταβολή στην έξοδο που παρέχει το σύστημα, ενώ η είσοδος παραμένει αμετάβλητη, και έτσι επηρεάζεται η ακρίβεια. Η ολίσθηση λαμβάνει χώρα σε διάφορες χρονικές κλίμακες και για διάφορους λόγους. Ένα από τα πιο συνηθισμένα αλλά και πιο σημαντικά αίτια ολίσθησης είναι η αλλαγή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό στις προδιαγραφές των αισθητήρων αναφέρεται η επίδραση της θερμοκρασίας στα διάφορα χαρακτηριστικά της συσκευής. Σε μια παλαιότερη μπορεί να εμφανιστεί επιπρόσθετη ολίσθηση λόγω της γήρανσης των υλικών κατασκευής, όπως είναι η οξειδωση κάποιων μεταλλικών μερών της. Ολίσθηση μπορεί επίσης να προκληθεί από μηχανική διάβρωση ή ιδιοθέρμανση κάποιων τμημάτων της συσκευής.

- **Σφάλμα**

Σφάλμα είναι η διαφορά ανάμεσα στην μετρούμενη τιμή και την πραγματική τιμή μιας ποσότητας. Για παράδειγμα ένα θερμόμετρο μετρά την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και την βρίσκει ίση με  $19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Στην πραγματικότητα όμως η θερμοκρασία είναι  $19,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , και επομένως η μέτρηση έχει σφάλμα ίσο με  $19,8\text{ }^{\circ}\text{C} - 19,5\text{ }^{\circ}\text{C} = 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Τα σφάλματα μπορούν συχνά να εκφράζονται επί τοις εκατό, οπότε τότε αντιπροσωπεύουν την ακρίβεια του συστήματος.

- **Υστέρηση(Hysteresis)**

Η υστέρηση προκαλεί διαφορές στην έξοδο που δίνει ένας αισθητήρας, όταν η κατεύθυνση μεταβολής της εξόδου αντιστραφεί. Με τον τρόπο αυτό παράγεται σφάλμα και επηρεάζει την ακρίβεια της συσκευής.

Η είσοδος του αισθητήρα, δηλαδή η μετρούμενη ποσότητα, αυξάνει με σταθερό βήμα. Όταν φτάσει την μέγιστη δυνατή τιμή, μειώνεται με το ίδιο σταθερό βήμα εως ότου λάβει την τιμή μηδέν. Αυτό το γεγονός ονομάζεται υστέρηση του σήματος.

Δεν εμφανίζουν υστέρηση όλοι οι αισθητήρες και όλα τα συστήματα μέτρησης, η υστέρηση προκαλείται από διάφορους παράγοντες, ειδικότερα τη μηχανική τάση και την τριβή. Επομένως τα συστήματα μέτρησης που είναι πιθανό να παρουσιάσουν υστέρηση πρέπει να περιέχουν μηχανικά γρανάζια, ρουλεμάν και άλλα κινητά μέρη, τα οποία να τείνουν να είναι ελαστικά, όπως είναι το λάστιχο, τα πλαστικά και κάποια μέταλλα.

- **Καθυστέρηση(lag)**

Ονομάζεται η καθυστέρηση της αλλαγής της τιμής της εξόδου ενός αισθητήρα ως προς την αλλαγή της εισόδου του. Μετρίεται σε δευτερόλεπτα (ή σε κλάσματα του δευτερολέπτου).

- **Γραμμικότητα**

Η γραμμικότητα ενός αισθητήρα αποτελεί το βαθμό, στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου ως προς την είσοδο του αισθητήρα προσεγγίζει μια ευθεία γραμμή. Ένας αισθητήρας μπορεί να είναι γραμμικός σε μία περιοχή τιμών εισόδου. Επίσης η γραμμικότητα μπορεί να εκφράζεται ως προς το μέγιστο βαθμό απόκλισης από την ευθεία γραμμή, σε όλο το εύρος τιμών εισόδου, και τότε αναφέρεται ως ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας.

- **Χρόνος λειτουργίας (operating life)**

Ο ωφέλιμος χρόνος λειτουργίας ενός αισθητήρα αποτελεί ένδειξη του χρόνου, κατά τον οποίο αυτός αναμένεται να λειτουργεί στα πλαίσια των προδιαγραφών του. Εκφράζεται σε μονάδες χρόνου ή με τον αριθμό των λειτουργιών ή των κύκλων λειτουργίας που μπορεί να διεκπεραιώσει με επιτυχία.

- **Επαναληψιμότητα (precision)**

Η επαναληψιμότητα μιας συσκευής είναι ο βαθμός στον οποίο αυτή παράγει το ίδιο αποτέλεσμα όταν, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, τροφοδοτεί με ακριβώς την ίδια είσοδο. Στην ορολογία των συστημάτων μέτρησης, ένας αισθητήρας μπορεί να έχει υψηλή επαναληψιμότητα, και να δίνει παρόμοια έξοδο όταν μετρά πολλές φορές μια συγκεκριμένη είσοδο, αλλά, εάν υπάρχει σημαντικό σφάλμα στην έξοδο, τότε η έξοδος δεν είναι ακριβής.

Επίσης η επαναληψιμότητα μπορεί να αναφέρεται και ως *διακριτική ικανότητα* (resolution) .

Η επαναληψιμότητα εκφράζεται ως ένα μέγιστο ποσοστό επί της ένδειξης, ή ως τα όρια ακρίβειας κάθε ένδειξης.

- **Εύρος Λειτουργίας (operating range)**

Το *εύρος λειτουργίας* μιας συσκευής ισούται με τα όρια , στα οποία μπορεί η συσκευή να λειτουργήσει με αξιοπιστία. Το εύρος ενός αισθητήρα εκφράζεται συνήθως με την ελάχιστη και την μέγιστη τιμή που είναι ικανός να μετρά.

- **Ονομαστική τιμή (rating)**

Η *ονομαστική τιμή* μιας συσκευής αποτελεί το σύνολο των βέλτιστων συνθηκών , ηλεκτρικών, μηχανικών κ.α. υπό τις οποίες αυτή θα λειτουργεί με επιτυχία και ασφάλεια.

- **Αξιοπιστία (reliability)**

Η *αξιοπιστία* μιας συσκευής είναι συγγενής έννοια με τον χρόνο λειτουργίας της, και συχνά μπορεί να αναφέρεται αντί για αυτόν, ανάλογα με της επικρατούσες συνθήκες. Η αξιοπιστία είναι η ικανότητα ενός αισθητήρα να λειτουργεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες για μια δεδομένη

χρονική περίοδο ή ένα δεδομένο αριθμό κύκλων λειτουργίας, παραμένοντας πάντα στα πλαίσια των προδιαγραφών.

- **Απόκριση (response )**

Η απόκριση μιας συσκευής ισούται με τον χρόνο που απαιτεί για να λάβει την τελική τιμή εξόδου για μια δεδομένη είσοδο. Μπορεί να εκφραστεί σε δευτερόλεπτα ή κλάσματα δευτερολέπτου ή κάποιες φορές ως ποσοστό επίσης τελικής τιμής εξόδου. Για παράδειγμα αν οι συσκευές ορίζουν ότι ο χρόνος απόκρισης 95% είναι 3 sec αυτό σημαίνει ότι η συσκευή χρειάζεται 3 sec για να λάβει η έξοδος της το 95% της τελικής τιμής.

- **Διακριτική ικανότητα (resolution)**

Η *Διακριτική ικανότητα* με την οποία ένας αισθητήρας ανιχνεύει ή εμφανίζει μια τιμή, αναφέρεται στην μικρότερη είσοδο ή αλλαγή εισόδου που μπορεί αυτός να ανιχνεύσει. Εκφράζεται συνήθως ως προς το μικρότερο διάστημα που μπορεί να ανιχνευθεί ή να μετρηθεί. Όσο μεγαλύτερη είναι η διακριτική ικανότητα ενός ενδείκτη τόσο μικρότερο είναι το βήμα που μπορεί ο αισθητήρας να μετρήσει.

- **Ευαισθησία (sensitivity)**

Η ευαισθησία εκφράζει την σχέση ανάμεσα στην αλλαγή της εξόδου και την αντίστοιχη αλλαγή της εισόδου κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Η ευαισθησία ενός αισθητήρα είναι ίση με την διαφορά των τιμών της εξόδου προς την διαφορά των τιμών της εισόδου. Άρα

$$\text{ευαισθησία} = \frac{\text{μέγιστη τιμή εξόδου} - \text{ελάχιστη τιμή εξόδου}}{\text{μέγιστη τιμή εισόδου} - \text{ελάχιστη τιμή εισόδου}}$$

- **Ευστάθεια**

Η ευστάθεια αποτελεί το μέτρο της μεταβολής της εξόδου μιας συσκευής όταν η είσοδος και οι συνθήκες παραμένουν σταθερά κατά την διάρκεια μιας μεγάλης χρονικής περιόδου.

- **Στατικό σφάλμα (static error)**

Το στατικό σφάλμα είναι ένα σταθερό σφάλμα που υπεισέρχεται καθ' όλο το εύρος τιμών εισόδου μιας συσκευής. Εάν αυτό το σφάλμα είναι γνωστό τότε μπορεί να αντισταθμιστεί χωρίς να υπάρχει υποβάθμιση της ακρίβειας του συστήματος.

- **Ανοχή (tolerance)**

Ανοχή μιας συσκευής είναι το μέγιστο ποσό σφάλματος που μπορεί να υπάρξει κατά την διάρκεια της λειτουργίας της.

## ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Θερμοκρασία ονομάζεται ο βαθμός κατά τον οποίο ένα σώμα, ουσία ή μέσω είναι θερμό σε σύγκριση με κάποιο άλλο. Όταν μετρούμε την θερμοκρασία συγκρίνουμε το βαθμό θερμότητας με κάποιο άλλο συγκεκριμένο σημείο αναφοράς. Η θερμοδυναμική κλίμακα Κέλβιν χρησιμοποιεί ως σημείο αναφοράς το απόλυτο μηδέν. Η κλίμακα Κελσίου (ή αλλιώς και εκατονταβάθμια) χρησιμοποιεί ως πρώτο σημείο αναφοράς το σημείο πήξης του νερού ( $0^{\circ}\text{C}$ ) και ως δεύτερο σημείο αναφοράς το σημείο βρασμού του νερού ( $100^{\circ}\text{C}$ ).

Οι συσκευές που μετρούν την θερμοκρασία ονομάζονται θερμόμετρα. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη θερμομέτρων ,τα κυριότερα είναι αυτά που μετρούν την θερμοκρασία στηριζόμενα :

- Στη διαστολή ενός υγρού
- Στη διαστολή ενός μετάλλου
- Στην ηλεκτρική αντίσταση
- Στο φαινόμενο του θερμοηλεκτρισμού
- Στην ακτινοβολία θερμότητας

Υπάρχουν πολλά είδη θερμομέτρων δηλαδή οργάνων που χρησιμοποιούνται για την επιτόπια μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα. Το πιο γνωστό και απλούστερο είναι το υδραργυρικό θερμόμετρο που χρησιμοποιείται και για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος και βασίζεται στη διαστολή του υδραργύρου με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία ισορροπίας επιτυγχάνεται μετά από την επαφή του μικρού 'δοχείου' που περιέχει τον υδράργυρο με τον αέρα για χρονικό διάστημα μερικών λεπτών. Τα θερμόμετρα αυτά τελειοποιήθηκαν από τον Fahrenheit στις αρχές του 18ου αιώνα και είναι ακόμα σε ευρεία χρήση. Όμως έχουν το



μειονέκτημα ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες αφού ο υδράργυρος πήζει στους περίπου  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Τα αλκοολούχα θερμόμετρα μπορούν να καταγράψουν πολύ χαμηλότερες θερμοκρασίες και είναι σε ευρεία χρήση σαν θερμόμετρα μέτρησης της ελάχιστης θερμοκρασίας, στα οποία το αλκοόλ κινεί ένα μεταλλικό δείκτη μέσα στην οπή του θερμομέτρου.

Τα πιο συνηθισμένα σύγχρονα ηλεκτρικά θερμόμετρα που διαθέτουν αυξημένη ακρίβεια και ευαισθησία (της τάξεως των  $0.05^{\circ}\text{C}$ ) βασίζονται στη μεταβολή της αντίστασης λεπτού μεταλλικού αγωγού (συνήθως πλατίνα) στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος με τη μεταβολή της θερμοκρασίας.

### ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ- ΘΕΡΜΟΖΕΥΓΗ

Ο θερμοηλεκτρισμός είναι ένα φαινόμενο που σχετίζει τη θερμοκρασία μιας ουσίας και την ηλεκτρική ενέργεια. Κάτω από κάποιες συνθήκες η ηλεκτρική ενέργεια και η θερμότητα (δηλαδή την θερμική ενέργεια) μπορούν να μετατρέπονται η μια στην άλλη. Εάν μπορεί να μετρηθεί η μεταβολή της ηλεκτρικής ενέργειας που προκαλείται από κάποια μεταβολή της θερμικής ενέργειας τότε μπορεί να προσδιοριστεί η θερμοκρασία της ουσίας που εξετάζεται.

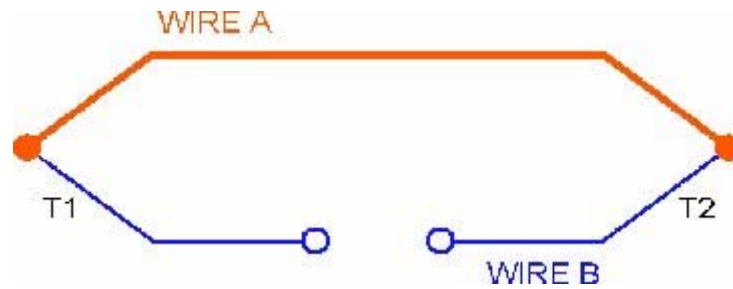
Όταν ένα ζεύγος δυο διαφορετικών μετάλλων σχηματίζουν ένα βρόχο και τα δύο σημεία σύνδεσης βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες τότε θα υπάρξει ροή ρεύματος με τιμή ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται θερμοηλεκτρικό φαινόμενο ή φαινόμενο seebeck (seebeck effect).

Στο φαινόμενο seebeck εμφανίζεται μια ΗΕΔ σε ένα κύκλωμα, όταν υπάρχουν στο κύκλωμα επαφές διαφορετικών μετάλλων σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

Το φαινόμενο seebeck μπορεί να συμβεί, για παράδειγμα, στην περίπτωση όπου δύο μέταλλα συνδέονται ως τμήματα ενός κυκλώματος, και έχουν επαφές σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Το φαινόμενο seebeck είναι ιδιαίτερα χρήσιμο επειδή επιτρέπει τη χρήση θερμοηλεκτρισμού για την μέτρηση της θερμοκρασίας.

Εάν και οι δυο επαφές του θερμοζεύγους (thermocouple) βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία, τότε δεν θα δημιουργηθεί συνολική ΗΕΔ. Εάν η θερμοκρασία μιας επαφής αρχίσει να αλλάζει και της άλλης όχι, τότε θα δημιουργηθεί μια ΗΕΔ, η οποία θα μεγαλώνει όσο αυξάνει η διαφορά της θερμοκρασίας. Αυτή είναι η αρχή λειτουργίας του θερμοζεύγους.

Ένα θερμοζεύγος (thermocouple) αποτελείται από δύο ανόμοια μέταλλα που συνδέονται μεταξύ τους σε δύο σημεία δημιουργώντας κλειστό κύκλωμα. Παρακάτω είναι ένα παράδειγμα ενός θερμοζεύγους

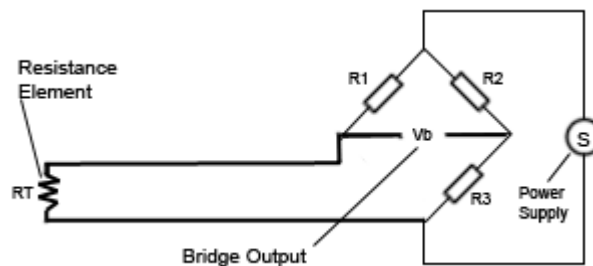


Σχήμα 1. Παράδειγμα θερμοζεύγους

Το σημαντικό σημείο σε ένα θερμοζεύγος είναι ότι δεν μετρά απόλυτη θερμοκρασία αλλά την διαφορά στη θερμοκρασία ανάμεσα σε δύο σημεία.

## ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

Τα θερμομέτρα ηλεκτρικής αντίστασης χρησιμοποιούν την σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην ηλεκτρική αντίσταση ενός μετάλλου και την θερμοκρασία του.



Σχήμα 2

Τα άκρα του πηνίου συνδέονται στον ένα βραχίονα μιας γέφυρας Wheatstone και στη συνέχεια ο μετρητής τοποθετείται στον χώρο του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την θερμοκρασία. Μετά από χρόνο απόκρισης μερικών δευτερολέπτων (ο χρόνος αυτός ποικίλει από αισθητήρα σε αισθητήρα και συνήθως δίνετε από τον κατασκευαστή ) η θερμοκρασία του χώρου εμφανίζεται στο αμπερόμετρο, Τα θερμομέτρα αντίστασης απαιτούν ένα μικρό ρεύμα για να περαστούν μέσω προκειμένου να καθοριστεί η αντίσταση.

Στα θερμομέτρα ηλεκτρικής αντίστασης έχουν χρησιμοποιηθεί νικέλιο, χαλκός και κάποια άλλα είδη μετάλλων, παρότι σήμερα κυρίως χρησιμοποιείται λευκόχρυσος. Αν και ακριβότερος ο λευκόχρυσος έχει το πλεονέκτημα ότι συχνά αποτελεί σημείο αναφοράς για την θέσπιση διεθνών προτύπων. Η σχέση ανάμεσα στην θερμοκρασία και την αντίσταση ,στον λευκόχρυσο είναι σχεδόν γραμμική σε ένα μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος.

Τα θερμομέτρα ηλεκτρικής αντίστασης είναι ακριβή αλλά έχουν μεγάλο χρόνο απόκρισης

## ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

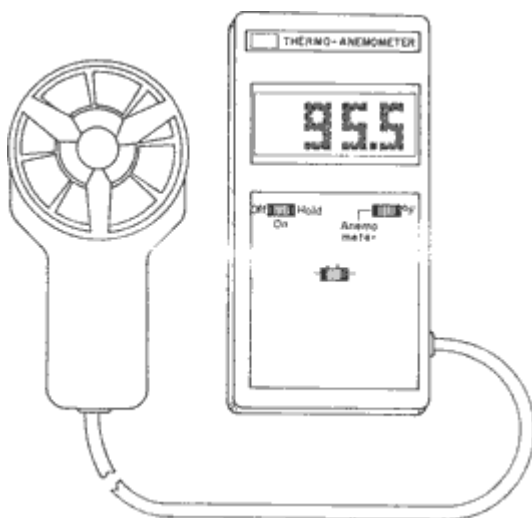
### Ανεμόμετρο «κυπέλων»

Το περιστρεφόμενο ανεμόμετρο κυπέλων αποτελείται από τρία, τέσσερα, και μερικές φορές έξι ημισφαιρικά ή κωνικά κύπελα που τοποθετούνται συμμετρικά σε έναν κάθετο άξονα περιστροφής. Το σχέδιο αυτό συστήνεται αφού έχει αποδειχθεί ότι η ροπή που ασκεί είναι ομοιόμορφη. Το ποσοστό της περιστροφής των κυπέλων είναι αισθητά γραμμικό για ένα μεγάλο εύρος μετρήσεων, με την γραμμική ταχύτητα του ανέμου να είναι δύο με τρεις φορές η γραμμική ταχύτητα ενός σημείου στο κέντρο του κυπέλου εξαρτώμενη από της διαστάσεις του κυπέλου καθώς επίσης και από το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένος ο αισθητήρας. Θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες με υψηλή ακρίβεια για τις χαμηλές ταχύτητες αέρα και με ένα χαμηλό αρχικό κατώτατο όριο. Θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ελαφριά υλικά (όπως φορμαρισμένο πλαστικό ή αφρός πολυστυρολίου) για να μπορέσουμε να πετύχουμε ένα κατώτατο όριο (χαμηλότερη ταχύτητα με την οποία ένα περιστρεφόμενο ανεμόμετρο αρχίζει και συνεχίζει να γυρίζει όταν τοποθετείται στην κανονική θέση του)  $\leq 0,5$  m/s.



### Ανεμόμετρο Vane-oriented

Το Vane-oriented ανεμόμετρο προωστήρων αποτελείται συνήθως από δύο, τρία ή τέσσερις προωστήρες που περιστρέφονται σε έναν οριζόντιο άξονα από τον αέρα. Οι περισσότερες τρέχουσες εκδόσεις αυτού του τύπου ανεμόμετρου χρησιμοποιούν τους προωστήρες που είναι βασισμένοι σε ένα τροποποιημένο ελικοειδές. Τα δυναμικά χαρακτηριστικά vane πρέπει να αντιστοιχηθούν εκείνους του προωστήρα.



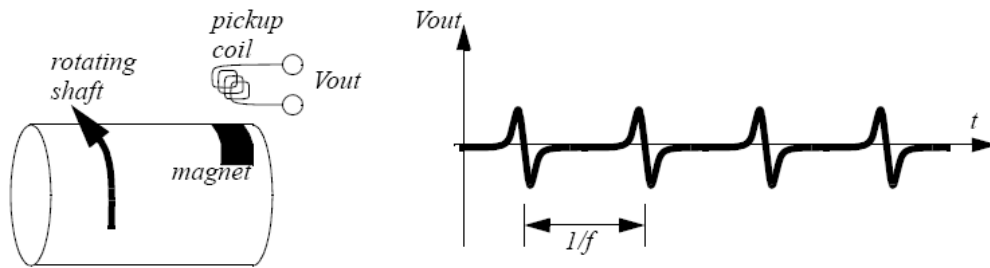
Σχήμα 3

Υπάρχουν διάφορα ανεμόμετρα προωστήρων που χρησιμοποιούν τον ελαφρύ φορμαρισμένο αφρό πλαστικού ή πολυστυρολίου για τις λεπίδες προωστήρων για να επιτύχουν τις ταχύτητες κατώτατων ορίων  $\leq 0,5$  m/s. Αυτός ο τύπος ανεμόμετρου μπορεί να εφαρμοστεί στη συλλογή των μέσων ταχυτήτων αέρα για την εισαγωγή στα πρότυπα. Λόγω των σχετικά

γρήγορων χρόνων απόκρισής τους, αυτοί οι αισθητήρες είναι επίσης κατάλληλοι για τη χρήση στον καθορισμό της σταθερής απόκλισης των διακυμάνσεων κατά μήκος-αέρας-ταχύτητας,  $\Theta_u$ . Η προσοχή πρέπει να ληφθεί, εντούτοις, στην επιλογή ενός αισθητήρα που θα παράσχει έναν βέλτιστο συνδυασμό τέτοιων χαρακτηριστικών όπως τη διάρκεια και την ευαισθησία

για την ιδιαίτερη εφαρμογή. Η παραλλαγή της ταχύτητας εξόδου υπό μια ορισμένη γωνία προσέγγισης του αέρα ακολουθεί σχεδόν μια συνημιτονοειδή απόκριση για μερικά ανεμόμετρα ελικοειδών προωστήρων. Αυτή η σχέση επιτρέπει στη χρήση δύο ορθογώνιων προωστήρων καθορισμένων υποστηρίγματα για να καθορίσει τα διανυσματικά συστατικά του οριζόντιου αέρα. Ένας τρίτος έλικας με ένα σταθερό υποστήριγμα που περιστρέφεται για έναν κάθετο άξονα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει το κάθετο συστατικό του αέρα, και επίσης τη σταθερή απόκλιση του κάθετου αέρα,  $\Theta_w$ . Πρέπει να σημειωθεί ότι η απόκλιση της ένδειξης από ένα αληθινό συνημίτονο για τις μεγάλες γωνίες προσέγγισης (π.χ., 80- 90°) μπορεί να οδηγήσει στην υποτίμηση του κάθετου τμήματος αέρα. Η μεταγωγή της ταχύτητας του ανέμου σε ηλεκτρικό σήμα επιτυγχάνεται με τους μετατροπείς ταχύτητας αέρα (wind speed transducer) οι οποίοι είναι μηχανισμοί που μετατρέπουν την ταχύτητα με την οποία κινούνται είτε τα κύπελα είτε οι έλικες, στις δύο διαφορετικές περιπτώσεις των ανεμομέτρων που ήδη αναφέραμε, σε ηλεκτρικό σήμα κατάλληλο για επεξεργασία ή και για καταγραφή. Οι τέσσερις συνηθέστερα χρησιμοποιημένοι τύποι μετατροπέων είναι η γεννήτρια DC, η γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος, η ηλεκτρικής επαφής, και η διακεκομμένης ακτίνας φωτός. Πολλοί τύποι γεννητριών συνεχούς ρεύματος και εναλλασσόμενου ρεύματος μετατροπέων κοινής χρήση έχουν περιορισμούς από την άποψη της επίτευξης των χαμηλών κατώτατων ορίων και των χρόνων γρήγορης απόκρισης.

Τα ανεμόμετρα στη πράξη μετρούν την ταχύτητα περιστροφής ενός άξονα. Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε τοποθετώντας έναν μαγνήτη στην άκρη ενός άξονα. Όταν έχουμε κίνηση από στάση τότε έχουμε και την δημιουργία επαγωγικού ρεύματος. Για κάθε περιστροφή του άξονα υπάρχει και ένας ηλεκτρικός παλμός στην σπείρα όπως στο **Σχήμα 4**. Μπορεί εύκολα να μετρηθεί ο χρόνος μεταξύ των παλμών (περίοδος για κάθε περιστροφή) και κατ' επέκταση και η συχνότητα



Σχήμα 4

## Σχεδίαση συστήματος παρακολούθησης και καταγραφής μετεωρολογικών δεδομένων και

Σκοπός μας είναι :

- Η συλλογή δεδομένων από την ατμόσφαιρα
- Αποθήκευση αυτών για μελλοντική χρήση και επεξεργασία
- Μελέτη των δεδομένων για την δημιουργία τροποσφαιρικών κυματοδηγών

Τα στοιχεία που χρειαζόμαστε για να επιτύχουμε τον σκοπό μας είναι διάφορους αισθητήρες μέτρησης των μετεωρολογικών δεδομένων. Μια πολύ καλή λύση είναι η χρήση μετεωρολογικών σταθμών αφού στις περισσότερες των περιπτώσεων συνδυάζουν πλήθος αισθητήρων για την μέτρηση των μετεωρολογικών δεδομένων, και εκτός αυτού υπάρχει δυνατότητα για ψηφιακή έξοδο των δεδομένων και σύνδεσή τους με άλλες συσκευές (είτε απ' ευθείας με Η/Υ, είτε με κάποιο καταγραφικό δεδομένων). Μπορούμε να τοποθετήσουμε τους διάφορους μετεωρολογικούς σταθμούς στην περιοχή του ενδιαφέροντός μας. Κάθε Μ.Σ (μετεωρολογικός σταθμός) συνδέεται με τους αισθητήρες που διαθέτει είτε ενσύρματα είτε ασύρματα χρησιμοποιώντας μια συγκεκριμένη συχνότητα, οι αισθητήρες αυτοί θα κάνουν την καταγραφή δεδομένων όπως

- Αποτελέσματα μέτρησης θερμοκρασίας περιβάλλοντος
- Ατμοσφαιρικής πίεσης
- Υγρασίας
- Ταχύτητας και κατεύθυνσης του ανέμου

Κάθε Μετεωρολογικός σταθμός με την σειρά του συνδέεται με ένα καταγραφικό δεδομένων (Data Logger) . Σε πολλά από τα καταγραφικά δεδομένων παρέχεται η δυνατότητα σύνδεσής τους με GSM Modem όπως επίσης και η δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων σε εσωτερική μνήμη

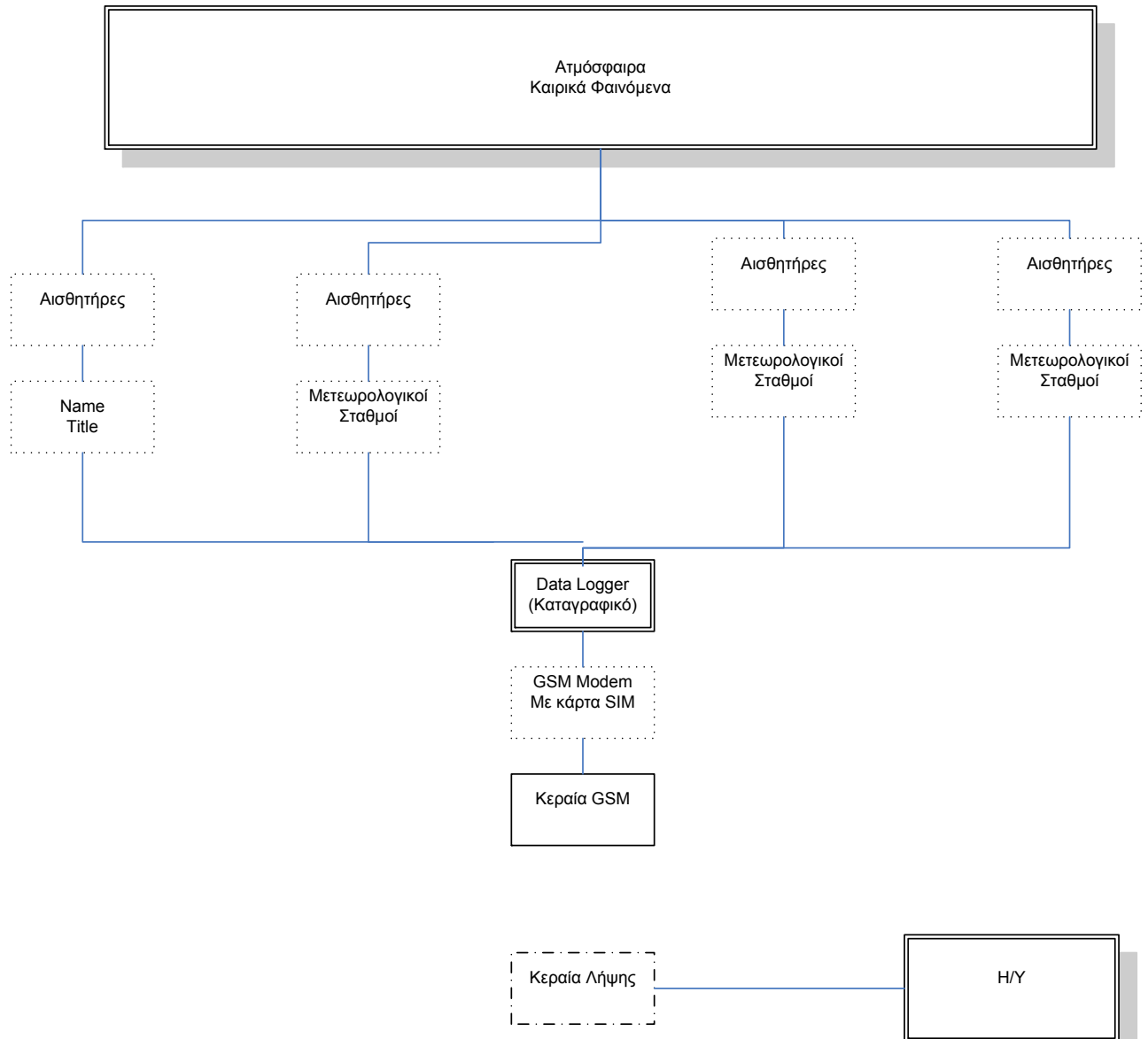
ή σε εξωτερική αποσπώμενη μνήμη. Τέλος υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης του καταγραφικού, και ταυτόχρονα η μεταφορά των αποθηκευμένων δεδομένων, με φορητό Η/Υ μέσω σειριακής θύρας.

Από κει και πέρα στην περίπτωση της αποσπώμενης μνήμης μπορούμε να μεταφέρουμε τα δεδομένα που βρίσκονται στην μνήμη τοποθετώντας την σε έναν Η/Υ ο οποίος έχει συνδεδεμένο επάνω του έναν αναγνώστη καρτών μνήμης (card reader), και έτσι θα έχουμε πρόσβαση στα δεδομένα του καταγραφικού και θα μπορεί να γίνει επεξεργασία αυτών.

Από την άλλη όμως έχουμε άμεση πρόσβαση , καθώς και πρόσβαση στα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, αφού μας παρέχετε η δυνατότητα της σύνδεσης του καταγραφικού με ένα GSM modem και χρησιμοποιώντας μια κάρτα SIM καθώς επίσης και μια κεραία GSM. Τα δεδομένα συλλέγονται και επεξεργάζονται σε έναν κεντρικό Η/Υ.

Η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων στον Η/Υ επιτυγχάνεται με την βοήθεια εξειδικευμένου λογισμικού.

Τέλος, υπάρχει και η δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων σε έναν απομακρυσμένο εξυπηρετητή (server) και να γίνει η προσπέλαση των δεδομένων από οποιοδήποτε σημείο .



Σχήμα 5: Σχεδιάγραμμα συστήματος παρακολούθησης και καταγραφής μετεωρολογικών δεδομένων

# Παραδείγματα οργάνων Μέτρησης

## Αυτόματοι μετεωρολογικοί σταθμοί

### WS9035 - Weather station WS9035



#### Ταχύτητα ανέμου

- Επίδειξη γραφικών παραστάσεων
- Αναγνώσεις στους κόμβους, mph, m/s, km/h, γραφική παράσταση
- Ανάγνωση ταχύτητας ανέμου αέρα
- Καταγραφή ελάχιστης/ανώτατης τιμής για την ώρα και την ημερομηνία των καταγραφών

#### Εσωτερική Θερμοκρασία

- Μονάδες μέτρου: °C ή °F
- Κλίμακα: από - 9.9 °C + σε 59.9 °C
- Ανάλυση: 0.1 °C
- Καταγραφή ελάχιστης/ανώτατης για την ώρα και την ημερομηνία των αναγνώσεων
- Ανάγνωση κάθε 15 δευτερολέπτων

#### Εξωτερική θερμοκρασία

- Μονάδες μέτρου: °C ή °F
- Κλίμακα: από - 29.9 °C + σε 69.9 °C
- Ανάλυση: 0.1 °C
- Καταγραφή ελάχιστης/ανώτατης για την ώρα και την ημερομηνία των αναγνώσεων
- Ανάγνωση κάθε 128 δευτερολέπτων

#### Μέτρηση εξωτερικής υγρασίας

- Μονάδα μέτρου: % RH
- Ανάλυση: από 1% σε 99%
- Κλίμακα: 1%
- Ακρίβεια: +/- 3%
- Καταγραφή ελάχιστης/ανώτατης
- Ανάγνωση κάθε 128 δευτερολέπτων



## WMR928 - PC Link Professional Weather Station



Ο WMR928 μετεωρολογικός σταθμός έρχεται με μια πλήρη σειρά αισθητήρων για τη μέτρηση αέρα, θερμοκρασίας και υγρασίας.

Το WMR928 έχει μια οθόνη αφής και μπορεί να συνδεθεί μέσω ενός καλωδίου με το Η/Υ.

- Συνδαιείται με Η/Υ
- Περιλαμβάνει το απομακρυσμένο μετρητή αέρα για τη ταχύτητα ανέμου & την κατεύθυνση
- Βαρόμετρο κατανοητά σύμβολα πρόβλεψης
- Εσωτερικοί/υπαίθριοι θερμο/υγρόμετρο με 3 χωριστά κανάλια

## WMR100 - Oregon weather station



Ένας τακτοποιημένος μετεωρολογικός σταθμός υπολογιστών γραφείου από την Όρεγκον που προσφέρει μια καλή σειρά των πληροφοριών σε ένα συμπαγές σχέδιο. Τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα ελέγχουν την βροχής, τη θερμοκρασία, την υγρασίας, την ταχύτητα την κατεύθυνση του ανέμου. Μπορεί να συνδεθεί με ένα Η/Υ για τη μεταφορά και την καταγραφή των στοιχείων.

Η μονάδα μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει μέχρι 10 ασύρματους αισθητήρες θερμοκρασίας/υγρασίας

### Εσωτερική θερμοκρασία

- Μονάδες μέτρησης: °C ή °F
- Κλίμακα: από - 30 °C + σε 60 °C
- Ακρίβεια: 0 °C σε +40 °C +/- 1 °C, 40 °C σε

+50 °C +/- 2 °C

- Καταγραφή ελάχιστης/ανώτατης τιμής

### **Εσωτερική υγρασία**

- Κλίμακα επεξήγησης: από 2% σε 98%
- Λειτουργούσα κλίμακα: από 25% σε 90%
- Ακρίβεια: 25% - 40% +/- 7%, 40% - 80% +/- 5%, 80% - 90% +/- 7%
- Άνεση 40% 70%
- Καθημερινές ελάχιστες/ανώτατες αναγνώσεις

### **Υπαίθρια θερμοκρασία**

- Μονάδες μέτρησης: °C ή °F
- Κλίμακα ανάδειξης: από - 50 °C + σε 70 °C
- Λειτουργούσα κλίμακα: από - 30 °C + σε 60 °C
- Ακρίβεια: -20 °C σε °C 0 +/- 2 °C 0 °C σε +40 °C +/- 1 °C, 40 °C σε +50 °C +/- 2 °C 50 °C σε +60 °C +/- 3 °C
- Καταγραφή ελάχιστης/ανώτατης

### **Υπαίθρια υγρασία**

- Κλίμακα επίδειξης: από 2% σε 98%
- Λειτουργούσα κλίμακα: από 25% σε 90%
- Ακρίβεια: 25% - 40% +/- 7%, 40% - 80% +/- 5%, 80% - 90% +/- 7%
- Άνεση 40% 70%
- Καθημερινές ελάχιστες/ανώτατες αναγνώσεις

### **Ατμοσφαιρική πίεση**

- Μονάδες μέτρησης: mb/hPa, inHg και mmHg
- Κλίμακα μέτρησης (από το hPa 700 στο hPa 1050)
- Βαρομετρικό ιστορικό πίεσης αέρα bargraph για τελευταίες 24 ώρες
- Ρύθμιση σταθμής της θάλασσας από τον χρήστη
- Συναγερμός πτώσης βαρομετρικής πίεσης

### **Ταχύτητα ανέμου και κατεύθυνση αέρα**

- Μονάδες μέτρησης: km/h, m/s, κόμβοι ή mph
- Ακρίβεια 0 m/s σε 10m/s +/- 3 m/s, 10 m/s σε 56 m/s +/- 10%
- Κατεύθυνση αέρα που επιδεικνύεται σε μια πυξίδα 360°

### **Προαιρετικά συμπληρώματα**

- Ικανότητα υποστήριξης μέχρι 10 επιπλέον αισθητήρες

### **Εξωτερική συσκευή αποστολής σημάτων**

- Τα στοιχεία διαβιβάζονται ασύρματα στην συχνότητα των 433 MHz
- Ασύρματη μετάδοση σε 433 MHz: 100 μέτρα (στον ανοικτό χώρο)

- Διαβίβαση στοιχείων στον σταθμό βάσης περίπου κάθε 60 δευτερόλεπτα

### Σύνδεση με Η/Υ

- Περιλαμβάνει CD ROM και καλώδιο USB
- Η ελάχιστη προδιαγραφή συστήματος για το λογισμικό είναι:
- Λειτουργικό σύστημα: windows 98 ή ανωτέρω
- Επεξεργαστής: Pentium 166 MHZ ή ανωτέρω
- RAM: 64 MB RAM ή ανωτέρω
- Σκληρός δίσκος: 30 MB ελεύθερου χώρου
- CD ROM Drive

### Ενέργεια

- Στον σταθμό 4 X AA 1.5v μπαταρίες ,ή με τον μετασχηματιστή εναλλασσόμενου ρεύματος (και τα δύο συμπεριλαμβανόμενοι)
- Για τον αισθητήρα βροχής 2 X AA 1.5v μπαταρίες(συμπεριλαμβανόμενο)
- Από το συνδυασμένο ανεμόμετρο, αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας 4 X AA 1.5v μπαταρίες (συμπεριλαμβανόμενο)

## WS3502 - LaCrosse weather station WS3502



### Ατμοσφαιρική πίεση

- Μονάδες μέτρησης: hPa ή inHg
- Κλίμακα για την απόλυτη πίεση: από το hPa 300 στο hPa 1099
- Ανάλυση: hPa 0.1
- Ιστορία πίεσης αέρα bargraph σε 24 ή 72 ώρες
- Επιλέξιμη ένδειξη από τον χρήστη της σχετικής πίεσης (από το hPa 920 στο hPa 1080)
- Ρύθμιση επιπέδων ευαισθησίας πίεσης
- Καταγραφή ελάχιστης/ανώτατης τιμής σύμφωνα με την ώρα και την ημερομηνία των αναγνώσεων

### Ταχύτητα ανέμου και κατεύθυνση αέρα

- Μονάδες μέτρησης: km/h, m/s, κόμβοι, mph ή Beaufort
- Κλίμακα: από 0 έως 180 km/h (ή από 1 έως 50 m/s)
- Ανάλυση: 0.1 m/s
- Κατεύθυνση αέρα που επιδεικνύεται σε μια πυξίδα 360°
- Καταγραφή ελάχιστης/ανώτατης τιμής σύμφωνα με την ώρα και την ημερομηνία των καταγραφών

### Σύνδεση PC

- Παραδίδεται με CD Rom εγκατάστασης (στα γαλλικά, αγγλικά και γερμανικά) και 2 μέτρα του καλωδίου για τη σύνδεση σταθμού βάσης-υπολογιστή (RS232)
- Τα στοιχεία συγκεντρώνεται από τον υπολογιστή, από τον οποίο είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν οι γραφικές παραστάσεις στοιχείων και σχεδίου
- Πιθανή αποθήκευση 1750 συνόλων στοιχείων με την καταγραφή χρόνου και ημερομηνίας
- Διαστήματα καταγραφής στοιχείων από ένα λεπτό μέχρι 12 ώρες
- Μνήμη EEPROM

### Συχνότητες

- Στοιχεία διαβιβάζονται στη συχνότητα των 433 MHz
- Μετάδοση: 100 μέτρα (στον ανοικτό χώρο)

## Καταγραφικά δεδομένων (Data Logger)

### Στυλίτης-41



Αυτόνομο καταγραφικό μπαταρίας κατάλληλο για τα πεδία των Μετεωρολογικών, Ανεμολογικών, Υδρολογικών και άλλων περιβαλλοντολογικών μετρήσεων.

- Υψηλή αξιοπιστία σε χαμηλό κόστος. Πραγματικά απρόσκοπτη λειτουργία. Δεν απαιτούνται ρυθμίσεις.

- Απλή δομή μενού, εύκολη στην εκμάθηση και τη χρήση.

- Προστασία πρόσβασης με κωδικό.

- (4) αναλογικές εισοδοί τάσης.
- (3) εισοδοί απαριθμητών.
- (3) έξοδοι διέγερσης αισθητήρων ακριβείας 5V.
- Ενσωματωμένη προστασία υπέρτασης για όλες τις εισόδους και εξόδους.
  
- Συμβατότητα με τους περισσότερους τύπους αισθητήρων από όλους τους κατασκευαστές.
- Μετράει: τάση, ρεύμα, συχνότητα, θερμοκρασία, πίεση, υγρασία, υψόμετρο, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου, ύψος βροχής, ταχύτητα ροής και βάθος νερού, κλπ.
  
- Δειγματοληψία ανά δευτερόλεπτο.
- Στατιστικά από 1 λεπτό έως 1 ώρα: Ελάχιστο, Μέγιστο, Μέσος Όρος, Τυπική Απόκλιση.
- Καταγραφή σε εσωτερική μνήμη ή κάρτα PCMCIA Flash.
  
- Τηλεμετάδοση δεδομένων μέσω δικτύου GSM.
  
- Διπλό περίβλημα: Εξωτερικό κουτί παντός καιρού, βαρέως τύπου IP65, από GRP (πολυεστέρα). Εσωτερικό ασάλινο περίβλημα για προστασία από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και αιχμηρά αντικείμενα, που θα καταφέρουν να διαπεράσουν το εξωτερικό κουτί.
  
- Λειτουργεί με μπαταρία σε θερμοκρασίες -30~+70 C.

## Στυλίτης-42



Αυτόνομο καταγραφικό μπαταρίας κατάλληλο για τα πεδία των Μετεωρολογικών, Ανεμολογικών, Υδρολογικών και άλλων περιβαντολογικών μετρήσεων.

- Υψηλή αξιοπιστία σε χαμηλό κόστος.

Αυτόνομο καταγραφικό μπαταρίας κατάλληλο για τα πεδία των Μετεωρολογικών, Ανεμολογικών, Υδρολογικών και άλλων

περιβαντολογικών μετρήσεων.

- Υψηλή αξιοπιστία σε χαμηλό κόστος. Πραγματικά απρόσκοπτη λειτουργία. Δεν απαιτούνται ρυθμίσεις.
- Απλή δομή μενού, εύκολη στην εκμάθηση και τη χρήση.
- Προστασία πρόσβασης με κωδικό.
- (3) αναλογικές εισοδοί τάσης.
- (1) αναλογική είσοδος ρεύματος 0~20mA.
- (3) εισοδοί απαριθμητών.
- (2) έξοδοι διέγερσης αισθητήρων ακριβείας 5V.
- (1) έξοδος τροφοδοσίας αισθητήρα 4~20mA.
- Ενσωματωμένη προστασία υπέρτασης για όλες τις εισόδους και εξόδους.
- Συμβατότητα με τους περισσότερους τύπους αισθητήρων από όλους τους κατασκευαστές.
- Μετράει: τάση, ρεύμα, συχνότητα, θερμοκρασία, πίεση, υγρασία, υψόμετρο, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου, ύψος βροχής, ταχύτητα ροής και βάθος νερού, κλπ.
- Δειγματοληψία ανά δευτερόλεπτο.
- Στατιστικά από 1 λεπτό έως 1 ώρα: Ελάχιστο, Μέγιστο, Μέσος Όρος, Τυπική Απόκλιση.
- Καταγραφή σε εσωτερική μνήμη ή κάρτα PCMCIA Flash.
- Τηλεμετάδοση δεδομένων μέσω δικτύου GSM (προαιρετικά).
- Διπλό περίβλημα: Εξωτερικό κουτί παντός καιρού, βαρέως τύπου IP65, από GRP (πολυεστέρα). Εσωτερικό ασάλινο περίβλημα για προστασία από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και αιχμηρά αντικείμενα, που θα καταφέρουν να διαπεράσουν το εξωτερικό κουτί.
- Λειτουργεί με μπαταρία σε θερμοκρασίες -30~+70 C.

## GSM Modem

### WAVECOM M1306B



WAVECOM M1306B GSM/GPRS Modem 900/1800MHz.

- Audio/Data/Fax/SMS. Με υποδοχή κάρτας SIM.
- Σύνδεση κεραίας με αρσενική πρίζα SMA.
- Σειριακή σύνδεση D15F.
- Τροφοδοσία 5,5 ~ 32VDC supply.
- Κατανάλωση ηρεμίας 12mA
- Διαστάσεις 73 x 54,5 x 25,5 mm, βάρος 130 g.
- Για χρήση στα Windows εγκαταστήστε το

'Τυπικό μόντεμ 9600 bps'.

### SIEMENS MC35iT



SIEMENS MC35iT GSM/GPRS Modem 900/1800MHz.

- Audio/Data/Fax/SMS. Με υποδοχή κάρτας SIM.
- Σύνδεση κεραίας με αρσενική πρίζα FME.
- Σειριακή σύνδεση D9F.
- Διαστάσεις 65 x 74 x 33 mm, βάρος 130 g.

- Τροφοδοσία 8~30VDC supply.

- Κατανάλωση ηρεμίας 35mA. Για τροφοδοσία από μπαταρία συνιστάται η χρήση του προγραμματιζόμενου χρονοδιακόπτη GSM TIMER.

## Siemens GSM modem TC-35i τερματικό



Siemens modem TC-35 τερματικό. Το GSM modem TC35 έχει κατασκευαστεί για την ασύρματη μεταφορά δεδομένων μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας (GSM).

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του καθορίζονται κυρίως από το ενσωματωμένο module της Siemens (TC35), το οποίο έχει επιλεγεί για τον μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας και τα πολύ καλά χαρακτηριστικά επικοινωνίας του.

Το GSM modem περιλαμβάνει υποδοχές για κάρτα SIM, εξωτερική κεραία και σειριακή θύρα RS232.

Με την χρήση εντολών AT μπορεί να λειτουργήσει τόσο για την μετάδοση δεδομένων όσο και για την αποστολή μηνυμάτων SMS, FAX κλπ. Η ενεργοποίησή του μπορεί να γίνει μέσω εισερχόμενης κλήσης, SMS ή του ενσωματωμένου ρολογιού

## GSM Κεραίες

### GSM MAG 900/1800

Κεραία κάθετη, μαγνητική GSM 900/1800MHz.

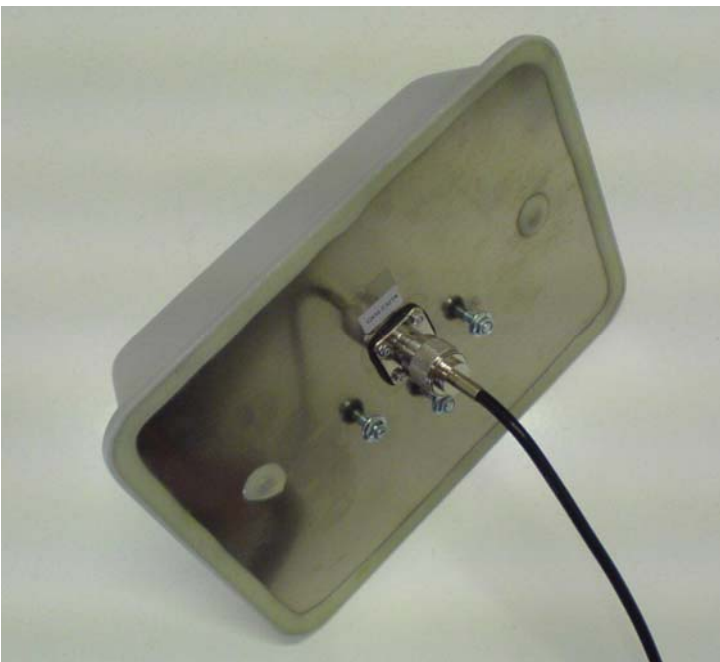
- Χρήση εσωτερική/εξωτερική.
- Αντίσταση 50Ω, 20W max.
- Ύψος κεραίας 105mm, μήκος καλωδίου 2500mm.





- Το καλώδιο καταλήγει σε θηλυκό βύσμα FME.

### **Κατευθυντική κεραία GSM DIR 900/1800**

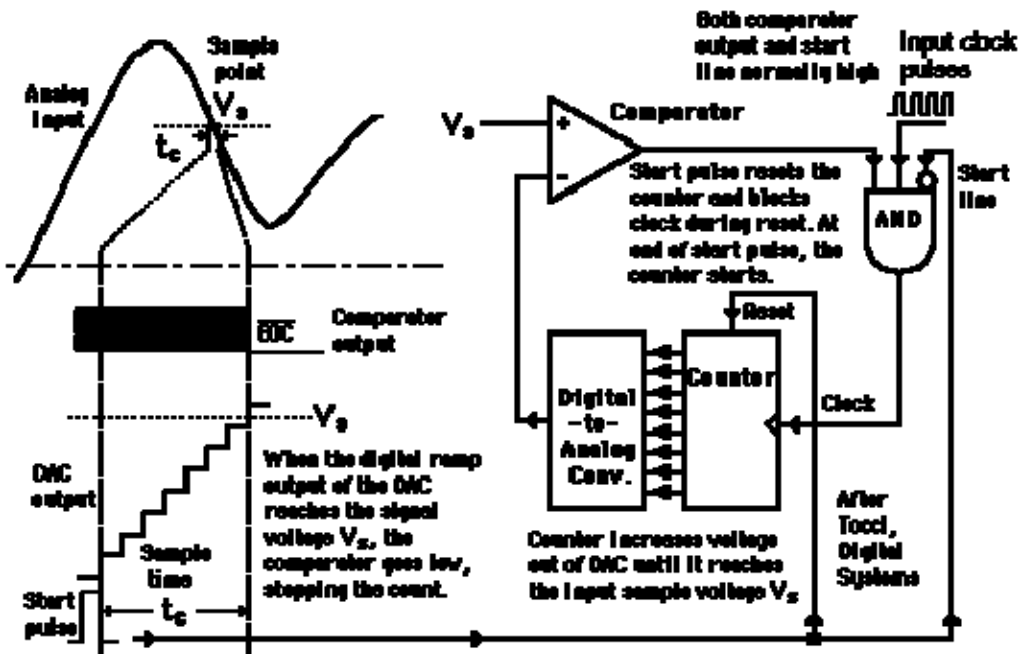


Κεραία κατευθυντική GSM 900/1800MHz.

- Χρήση εσωτερική/εξωτερική.
- Αντίσταση 50Ω, 20W max.
- Διαστάσεις: πλάτος 230 mm, ύψος 170 mm, βάθος 70 mm.
- Μήκος καλωδίου 2500mm.
- Το καλώδιο καταλήγει σε θηλυκό βύσμα FME.

- Δυνατότητα παράδοσης με άλλο μήκος καλωδίου και άλλο βύσμα.

## Κεφάλαιο 2. ΑΠΟ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΗΜΑ



Σχήμα 2.1

Τα σήματα στον πραγματικό κόσμο είναι αναλογικά: το φως, ήχος, εσείς τον ονομάζει. Έτσι, τα πραγματικά σήματα πρέπει να μετατραπούν σε ψηφιακό, χρησιμοποιώντας ένα κύκλωμα αποκαλούμενο ADC (αναλογικός σε ψηφιακό μετατροπέας), για να μπορέσουν να χειριστούν από τον ψηφιακό εξοπλισμό.

Όταν ανιχνεύετε μια εικόνα με έναν ανιχνευτή ο ανιχνευτής κάνει μια αναλογική σε ψηφιακό μετατροπή: παίρνει τις αναλογικές πληροφορίες που παρέχονται από την εικόνα (φως) και μετατρέπει σε ψηφιακό.

Όταν καταγράφετε τη φωνή σας ή χρησιμοποιείτε μια λύση VoIP στον υπολογιστή σας, χρησιμοποιείτε έναν αναλογικό σε ψηφιακό μετατροπέα για να μετατρέψετε τη φωνή σας, που είναι αναλογική, στις ψηφιακές πληροφορίες. Ψηφιακές πληροφορίες δεν προορίζονται μόνο στους υπολογιστές. Όταν μιλάτε στο τηλέφωνο, παραδείγματος χάριν, η φωνή σας μετατρέπεται σε ψηφιακό σήμα ( εάν χρησιμοποιείτε μια αναλογική γραμμή, ή σε σας σπίτι, εάν χρησιμοποιείτε μια ψηφιακή γραμμή όπως το ISDN ή DSL), δεδομένου ότι η φωνή σας είναι αναλογική και η επικοινωνία μεταξύ των τηλεφωνικών διακοπών γίνεται ψηφιακά.

Αλλά, γιατί ψηφιακός; Υπάρχουν μερικοί βασικοί λόγοι να χρησιμοποιηθούν τα ψηφιακά σήματα αντί του ανάλογου, θόρυβος που είναι ο αριθμός ένας.

Δεδομένου ότι τα αναλογικά σήματα μπορούν να υποθέσουν οποιαδήποτε αξία, ο θόρυβος ερμηνεύεται ως μέρος του αρχικού σήματος. Παραδείγματος χάριν, όταν ακούμε ένα κομμάτι από

δίσκο , ακούμε το θόρυβο επειδή η βελόνα είναι αναλογική και έτσι δεν ξέρει τη διαφορά από τη μουσική που καταγράφεται αρχικά το θόρυβο που παρεμβάλλεται από από τη σκόνη ή τις ρωγμές.

Ένα άλλο πλεονέκτημα του ψηφιακού συστήματος ενάντια στο ανάλογο είναι η ικανότητα συμπίεσης στοιχείων. Δεδομένου ότι το ψηφιακό αντίστοιχο ενός αναλογικού σήματος είναι ακριβώς μια δέσμη των αριθμών, αυτοί οι αριθμοί μπορούν να συμπιεστούν, ακριβώς όπως σας θα συμπιέζε ένα αρχείο του Word χρησιμοποιώντας WinZip για να μειώσει το μέγεθος του αρχείου. Η συμπίεση μπορεί να γίνει για να σώσει τον αποθηκευτικό χώρο ή το εύρος ζώνης.

Η συσκευή ADC αποτελείται από ένα κύκλωμα δειγματοληψίας, από έναν κβαντιστή και από έναν κωδικοποιητή.

Το *κύκλωμα δειγματοληψίας* λαμβάνει δείγματα τάσης από το εισερχόμενο αναλογικό σήμα με σταθερό και προκαθορισμένο ρυθμό. Ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στο σύστημα ψηφιοποίησης μιας αναλογικής πηγής, γιατί η επιλογή μιας λανθασμένης τιμής ισοδυναμεί είτε με απώλεια πληροφορίας κατά την επαναδόμηση του αρχικού σήματος στον προορισμό είτε με τη δημιουργία επιπλέον κυκλοφορίας, η οποία είναι περιττή για την ορθή αναπαράσταση της πληροφορίας στον προορισμό.

Ο *κβαντιστής* (quantiser) αντιστοιχεί κάθε δείγμα του σήματος με μια τιμή τάσης από ένα πεπερασμένο σύνολο προκαθορισμένων τιμών, έχοντας ως κριτήριο την ελάχιστη διαφορά της τάσης του δείγματος με την αντιστοιχιζόμενη τιμή.

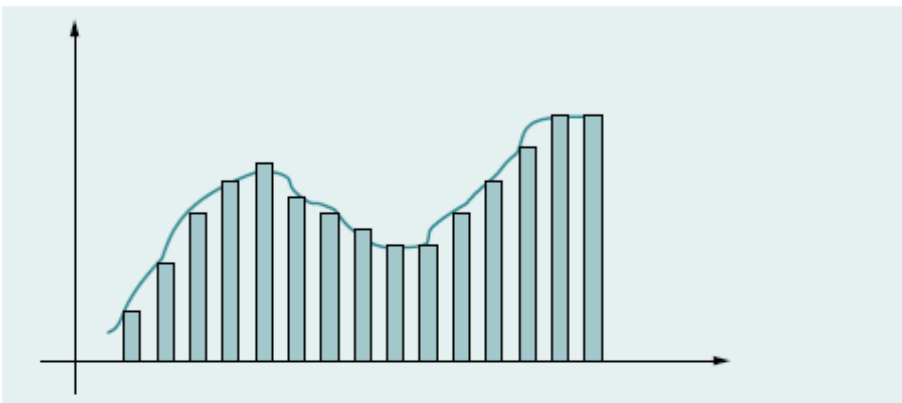
Ο *κωδικοποιητής* (encoder) αντιστοιχεί κάθε κβαντισμένο δείγμα του αναλογικού σήματος με ένα στοιχείο από ένα πεπερασμένο διακριτό σύνολο (σύμβολο), βασιζόμενος σε ένα προκαθορισμένο σχήμα κωδικοποίησης, με σκοπό τον ακριβή προσδιορισμό του. Με αυτόν τον τρόπο ψηφιοποιούμε τελικά το αναλογικό σήμα.



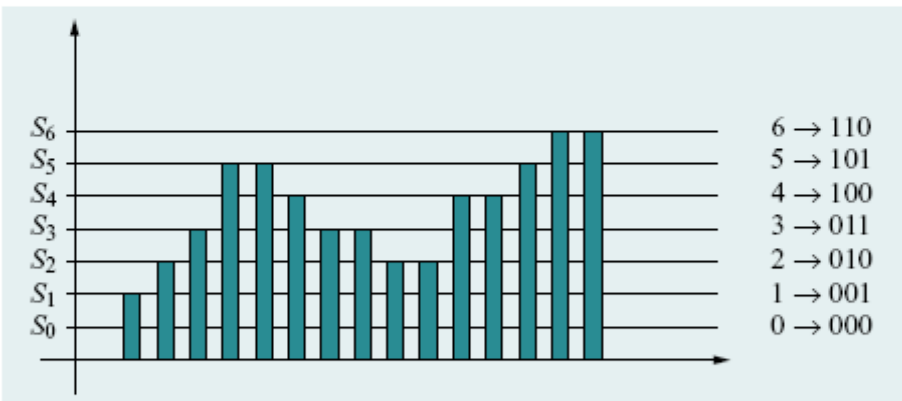
Σχήμα 2,2

Παράδειγμα ψηφιοποίησης αναλογικού σχήματος

(α) Το αναλογικό σήμα



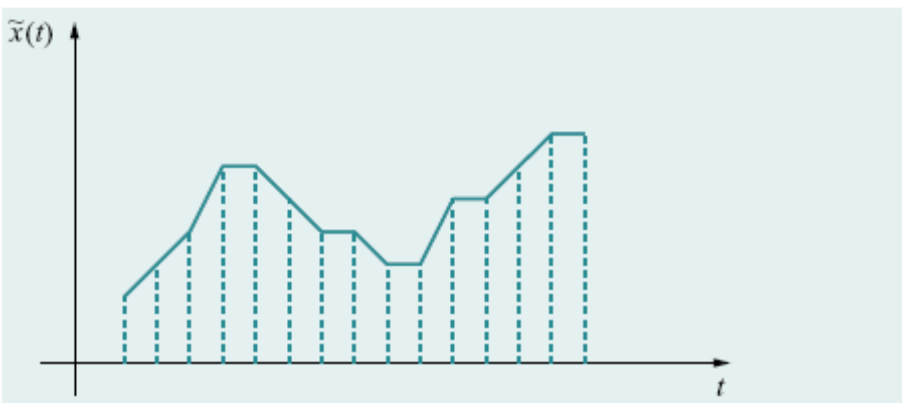
(β) Δειγματοληψία



(γ) Κβαντιση και κωδικοποίηση

001 010 011 101 101 100 011 011 010 010 100 100 101 110 110

(δ) Το μεταβιβαζόμενο δυαδικό σήμα



(ε) το επαν;δομημένο σήμα στον προορισμό

## 1. Πώς λειτουργεί: Δειγματοληψία

Με το θεώρημα της δειγματοληψίας μπορούμε να προσδιορίσουμε τον ελάχιστο ρυθμό λήψης δειγμάτων από ένα σήμα συνεχούς χρόνου, έτσι ώστε αυτό να μπορεί να ανακτηθεί πλήρως στον προορισμό του.

Ας θεωρήσουμε ένα σήμα περιορισμένου εύρους ζώνης, το οποίο συμβολίζουμε με  $x(t)$ . Υπενθυμίζουμε ότι, καθώς είναι σήμα με περιορισμένο εύρος ζώνης, οι συχνότητές του θα φράσσονται από μία μέγιστη συχνότητα, την οποία συμβολίζουμε με  $f_x$ .

Έστω ότι το σήμα δειγματοληπτείται κάθε  $T$  χρονικές μονάδες (π.χ. δευτερόλεπτα), λαμβάνοντας έτσι το διακριτό σήμα  $x(nT)$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$

Ένα συνεχές σήμα περιορισμένου εύρους ζώνης  $x(t)$ , με μέγιστη συχνότητα  $f_x$ , μπορεί να ανακτηθεί πλήρως από τα δείγματά του  $x(nT)$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$ , εάν αυτά λαμ-

βάνονται περιοδικά και η περίοδος δειγματοληψίας ικανοποιεί τη σχέση

$$T \leq \frac{1}{2f_x}$$

Η μέγιστη περίοδος δειγματοληψίας  $T_s = 1/(2f_x)$  ονομάζεται και *διάστημα ή περίοδος Nyquist*.

Επίσης, γνωρίζοντας ότι η συχνότητα δειγματοληψίας ισούται με την αντίστροφη τιμή της περιόδου δειγματοληψίας, από το Θεώρημα 4.1 προκύπτει ότι, για να ανακατασκευάσουμε πλήρως ένα συνεχές σήμα περιορισμένου εύρους ζώνης, θα πρέπει να λαμβάνουμε τουλάχιστον δύο δείγματα κατά τη διάρκεια της περιόδου που αντιστοιχεί στη φασματική συνιστώσα της υψηλότερης συχνότητας. Η ελάχιστη

συχνότητα δειγματοληψίας  $f_s = 2f_x$  ονομάζεται και *ρυθμός ή συχνότητα Nyquist*.

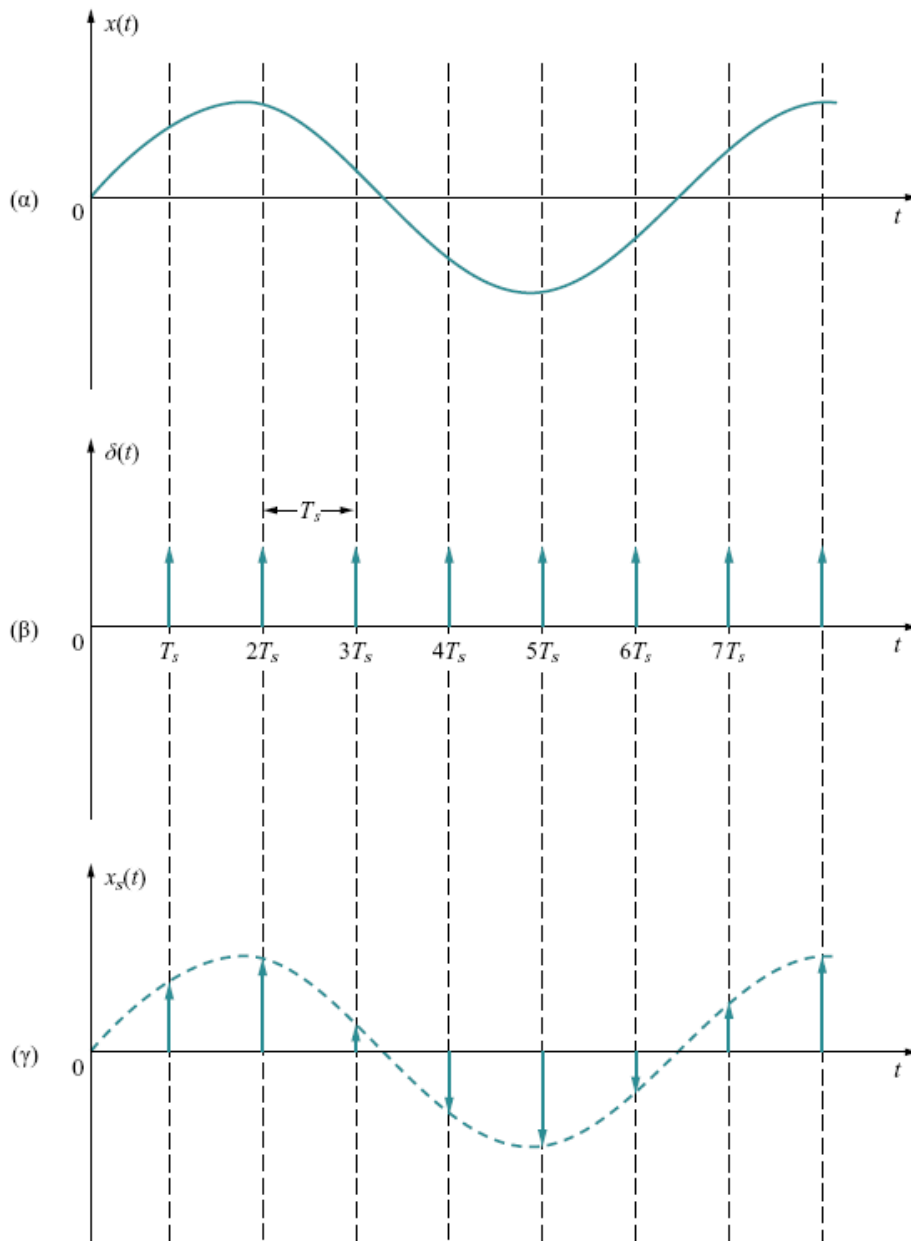
## Ένα παράδειγμα δειγματοληψίας

Το ανθρώπινο αυτί μπορεί να αντιληφθεί ήχους στο φάσμα συχνοτήτων από 50 Hz έως 20.000 Hz.

Στα σύγχρονα συστήματα αποθήκευσης και αναπαραγωγής ποιοτικού ήχου (π.χ. στους ψηφιακούς μουσικούς δίσκους, Compact Disks – CDs) ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι 44.100 δείγματα ανά δευτερόλεπτο. Με αυτό το ρυθμό δειγματοληψίας, ο οποίος είναι υπερδιπλάσιος από τη μέγιστη συχνότητα που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο αυτί, επιτυγχάνεται η ακριβής αναπαραγωγή του ήχου.

### Η πράξη της δειγματοληψίας στο πεδίο του χρόνου

Στο Σχήμα 4.1 απεικονίζεται η πράξη της δειγματοληψίας στο πεδίο του χρόνου. Ας θεωρήσουμε το σήμα περιορισμένου εύρους ζώνης  $x(t)$  που απεικονίζεται στο διάγραμμα 4.1.α και τη σειρά στιγμιαίων παλμών  $\delta(t)$  του διαγράμματος 4.1.β. Οι παλμοί αυτοί έχουν απειροστό εύρος  $dt$  και εμφανίζονται περιοδικά κάθε  $T_s$  δευτερόλεπτα. Επειδή στην πράξη τόσο στενοί παλμοί δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν, αυτή η δειγματοληψία ονομάζεται *ιδανική ή στιγμιαία δειγματοληψία*. Το διακριτό σήμα  $x_s(t) = x(nT)$ ,  $n = 1, 2, \dots$ , που προκύπτει από την ιδανική δειγματοληψία του αρχικού σήματος, απεικονίζεται στο διάγραμμα 4.1.γ



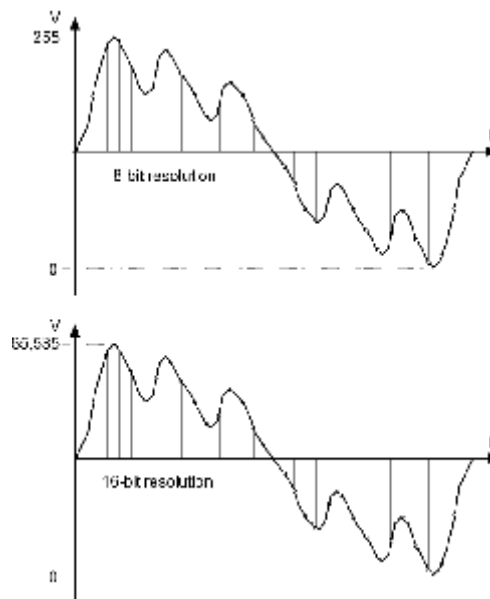
Σχημα 2.3

Η πράξη της δειγματοληψίας στο πεδίο του χρόνου: (α) το αρχικό σήμα  $x(t)$ , (β) μια σειρά στιγμιαίων παλμών  $\delta(t)$ , με περίοδο  $T_s$  δευτερόλεπτα, και (γ) το διακριτό σήμα  $x_s(t) = x(nT_s)$ ,  $n = 1, 2, \dots$ , που προκύπτει από τη δειγματοληψία.

## 2. Πώς λειτουργεί: Ψηφιοποίηση

Η αξία κάθε επιλεγέντος σημείου θα αποθηκευτεί σε μια καθορισμένου μήκους μεταβλητή. Εάν αυτή η μεταβλητή χρησιμοποιεί οκτώ bit, αυτό σημαίνει ότι μπορεί να κρατήσει τις τιμές από 0 έως 255 ( $2^8 = 256$ ). Εάν αυτή η μεταβλητή χρησιμοποιεί 16 bit, αυτό σημαίνει ότι μπορεί να κρατήσει τις τιμές από 0 έως 65.535 ( $2^{16} = 65,536$ ). και τα λοιπά

Έτσι, εάν χρησιμοποιείτε έναν οκτάμπιτο αναλογικό σε ψηφιακό μετατροπέα, η χαμηλότερη αξία θα είναι μηδέν και η υψηλότερη αξία θα είναι 255. Εάν ένας δεκαεξάμπιτος αναλογικός σε ψηφιακό μετατροπέα χρησιμοποιείται, η χαμηλότερη αξία θα είναι μηδέν και η υψηλότερη αξία θα είναι 65.535. Δείτε το σχήμα 4.



Σχήμα 2.4: 8 και 16 bit σύγκριση ψηφισμάτων

Αυτό που κάνει ο DAC είναι να διαιρεί τον άξονα Y στα πιθανά μέρη  $v$ , μεταξύ του μέγιστου και των ελάχιστων τιμών του αρχικού αναλογικού σήματος, και αυτό το  $v$  είναι ένα μεταβλητό μέγεθος. Εάν το μεταβλητό μέγεθος είναι πάρα πολύ μικρό, αυτό που θα συμβεί είναι ότι δύο σημεία δειγματοληψίας, το ένα κοντά στο άλλο, θα έχουν την ίδια ψηφιακή αντιπροσώπευση, ακριβώς στην αρχική τιμή που βρέθηκε στο αρχικό αναλογικό σήμα, που καθιστά το αναλογικό κυματοειδές διαθέσιμο στην παραγωγή DAC για να μην έχει την καλύτερη ποιότητα.

Άλλη μια φορά, όσο υψηλότερο το μεταβλητό μέγεθος, τόσο καλύτερη θα είναι η ποιότητα, αλλά θα απαιτηθεί περισσότερος αποθηκευτικός χώρος. Η χρησιμοποίηση μιας δεκαεξάμπιτης μεταβλητής απαιτημένος δύο φορές το διάστημα αποθήκευσης απ' ότι αν χρησιμοποιήσουμε οκτάμπιτη μεταβλητή, αλλά η ποιότητα θα είναι πολύ καλύτερη.



## Κεφάλαιο 3 Η/Μ Κύματα

### Τα Η/Μ ΚΥΜΑΤΑ

#### Εισαγωγή, Τα κύματα γενικά

Τα κύματα είναι αρμόδια για τις περισσότερες από τις διαδικασίες όπου υπάρχει μεταφορά ενέργειας από μια θέση σε άλλη. Θερμότητα και ελαφριά ενέργεια από τον ήλιο, παραδείγματος χάριν, έρχονται σε μας ως *ηλεκτρομαγνητικά κύματα*. Ο ήχος ταξιδεύει κατευθείαν στον αέρα ως κύμα δεν είναι το ίδιο είδος του κύματος με το φως ή τη θερμότητα, αλλά αυτό έχει πολλές ομοιότητες. Η ζημία προκαλείται στις παράκτιες περιοχές από τα κύματα της θάλασσας, είναι ένα άλλο είδος, αλλά ακόμη έχει πολλές από τις ίδιες ιδιότητες. Τα ράδιο κύματα είναι του ίδιου τύπου με τη θερμότητα και τα φωτεινά κύματα, όπως είναι οι ακτίνες γάμμα, οι ακτίνες Χ, τα υπεριώδη κύματα και οι υπέρυθρες ακτίνες. Όλα αυτά τα κύματα είναι μέρος του *ηλεκτρομαγνητικού φάσματος*. Με την λέξη φάσμα εννοούμε "απλά μια σειρά", έτσι αυτό που έχουμε είναι μια σειρά ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

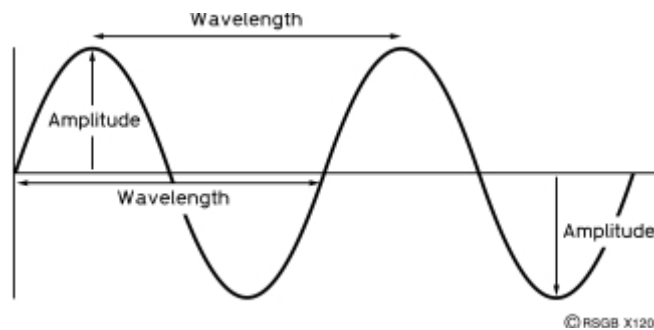
#### Η αντίληψη των κυμάτων

Τα φωτεινά κύματα είναι αόρατα, αλλά τα μάτια μας μπορούν να ανιχνεύσουν την *επίδραση που* έχουν επάνω στα διαφορετικά υλικά επειδή τα κύματα παράγουν μια επίδραση στον αμφιβληστροειδή του ανθρώπινου ματιού που ο εγκέφαλος μπορεί να ερμηνεύσει. Δεν μπορούμε να δούμε τα κύματα θερμότητας, αλλά μπορούμε να αισθανθούμε την *επίδραση που* έχουν στο δέρμα μας. Οι ακτίνες γάμμα και οι ακτίνες Χ είναι επίσης τα αόρατες, αλλά τα καταστρεπτικά *αποτελέσματά* τους στον ανθρώπινο ιστό είναι ευρέως γνωστά.

Δεν είναι περίεργο λοιπόν που δεν μπορούμε να δούμε τα ράδιο κύματα. Δεν μπορούμε να τα αισθανθούμε αυτά, έως ότου κατασκευάσουμε μια συσκευή επάνω στην οποία έχουν μια *επίδραση*. Αυτή η συσκευή είναι ένας **ραδιοδέκτης** είναι σε θέση να επεξεργαστεί ορισμένα χαρακτηριστικά του ραδιοφώνου, τα κύματα, και καθιστούν αυτά τα χαρακτηριστικά ευδιάκριτα με την παραγωγή των ηχητικών κυμάτων από το μεγάφωνο ή τα ακουστικά. Άλλα χαρακτηριστικά των ίδιων των κυμάτων είναι ότι μπορούν να μετατραπούν σε φως, ως εικόνα TV σε έναν σωλήνα καθοδικών ακτινών, ή όπως μια εικόνα, fax σε ένα φύλλο του εγγράφου.

## Όλα τα κύματα περιγράφονται με τον ίδιο τρόπο

Παγώνοντας την κίνηση του νερού μας επιτρέπει κατ' αυτό τον τρόπο να καθορίσουμε δύο πολύ σημαντικά χαρακτηριστικά ενός κύματος, τα χαρακτηριστικά για τα οποία μιλάμε είναι το μήκος κύματος –και εύρος. Το μήκος κύματος ενός κύματος είναι απλά η απόσταση (που μετριέται στα μέτρα) από οποιοδήποτε σημείο σε ένα κύμα στο ίδιο σημείο στο παρακείμενο κύμα. Το εύρος ενός κύματος μετριέται πάντα από την κεντρική (ανενόχλητη) θέση ενός κύματος αιχμή (ή κοιλία) του κύματος. Το βέλος δείχνει ότι η μέτρηση λαμβάνεται από το κέντρο στην αιχμή ή κοιλία. Το εύρος ενός κύματος ορίζεται ως η μέγιστη μετατόπιση του κύματος από την κεντρική θέση –η κατεύθυνση (πάνω η κάτω) αυτή της μετατόπισης δεν πειράζει. Τα κύματα του μεγαλύτερου εύρους φέρουν περισσότερη ενέργεια .



Εικόνα 3.1 : Περιγραφή κύματος

Εάν τώρα εξετάσουμε την διάδοση του κύματος, θα δούμε ότι αυτό ταξιδεύει από το αριστερό στα δεξιά (ή δεξιά στα αριστερά, ανάλογα με το πώς κοιτάζουμε). Η ταχύτητα με την οποία κινείται καλείται ταχύτητα κύματος (velocity) , και μετριέται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο.

Μια άλλη χρήσιμη λέξη είναι η διάδοση του κύματος (propagation). Μιλάμε για τα ραδιο κύματα που διαδίδονται από την συσκευή αποστολής σημάτων σε έναν δέκτη. Αυτή η ταχύτητα της διάδοσης (για τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα) είναι σε ορισμένες περιπτώσεις πολύ μεγάλη - θα καλύψουν 300 εκατομμύρια μέτρα στο δευτερόλεπτο. Αυτό είναι ουσιαστικά ακατανόητο, έτσι σκεφτείτε ένα ραδιο κύμα που ταξιδεύει γύρω από τη γη - μπορεί να ταξιδέψει 7 1/2 γύρω από τη γη σε ένα δευτερόλεπτο! Χρησιμοποιούμε το σύμβολο  $c$  για την ταχύτητα των ραδιο κυμάτων (που είναι η ίδια με την ταχύτητα του φωτός, φυσικά - όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ταξιδεύουν με αυτήν την ταχύτητα μέσω του αέρα και του διαστήματος).

Το τελευταίο πράγμα πρέπει να ξέρουμε ότι για το κύμα είναι η συχνότητά του. Φανταστείτε έναν φελλό που επιπλέει στο νερό στην πορεία του κύματος βαρίδι πάνω-κάτω. Εάν ήμαστε σε θέση να μετρήσουμε πόσες φορές πέρασε από την υψηλότερη θέση του στο λεπτό, εκείνος ο αριθμός θα ήταν η συχνότητά του. Οποιαδήποτε περιοδική κίνηση όπως αυτή λέγεται για να περάσει από έναν κύκλο κάθε φορά που περνά ένα πλήρες κύμα ένα σημείο (σε αυτήν την περίπτωση, ο φελλός μας). Μετράμε έτσι τον αριθμό κύκλων ανά δευτερόλεπτο της κίνησης του

φελλού. Η μονάδα της συχνότητας είναι οι κύκλοι ανά δευτερόλεπτο, που αυτή η μονάδα ονομάζεται Hertz, όπου ήταν ένας ράδιο πρωτοπόρος, και συναντάτε σαν Hz.

Η περιγραφή μας του κύματος είναι τώρα αρκετά απλή - χρειαζόμαστε μόνο τέσσερις ποσότητες:

- (α) συχνότητα με σύμβολο  $f$  - μονάδα, χερτς (Hz)
- (β) μήκους κύματος σύμβολο  $\lambda$  - μονάδα, μέτρο ( $\mu$ )
- (γ) εύρος σύμβολο το  $\alpha$  - η μονάδα εξαρτάται από την εφαρμογή
- (δ) ταχύτητα σύμβολο  $c$  - μονάδα, μέτρα ανά δευτερόλεπτο ( $m/s$  ή  $ms^{-1}$ )

## Υποδιαιρέσεις των μονάδων

Επειδή οι συχνότητες των ραδιο κυμάτων είναι τόσο υψηλές (παρά του ότι έχουν τις χαμηλότερες συχνότητες στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα!) έχουμε ένα πρόβλημα με να τις γράψουμε. Γράφετε στο ημερολόγιό σας ότι ακούσατε μόλις έναν σταθμό σε 14 100 000 Hz; Φυσικά όχι, το γράφετε ως 14.1 MHz, που ξέρει ότι το πρόθεμα μέγα (M) σημαίνει 'ένα εκατομμύριο'. Τα προθέματα που πρέπει να ξέρετε (πότε απευθύνεται στη συχνότητα) είναι:

- kHz kilohertz σημαίνει 1000 Hz
- MHz megahertz σημαίνει 1 000 000 Hz
- GHz gigahertz σημαίνει 1 000 000 000 Hz

Επισήμανση ότι το 'k kilohertz είναι το πεζό γράμμα. Είναι ανακριβές να γραφτεί ως κεφαλαίο. Έκ σε ένα σχετικό με υπολογιστή πρόθεμα που σημαίνει όχι 1 000 αλλά 1 024!

Όταν συζητάμε για κύματα θερμότητας και για τα φωτεινά κύματα, θα χρησιμοποιήσουμε τα μήκη κύματος παρά τις συχνότητες, λόγω της see-saw επίδρασης - καθώς οι συχνότητες παίρνουν μεγαλύτερες και μεγαλύτερες τιμές, τα μήκη κύματος παίρνουν τιμές μικρότερες, και ως εκ τούτου είναι αριθμοί που είναι πιο εύχρηστοι, και να μιλήσουν για και να γράψουμε.

## Η διάδοση των H/M κυμάτων

Τα ραδιοκύματα διαδίδονται. Διάδοση σημαίνει «η μετακίνηση μέσω ενός μέσου.» Αυτό ο ευκολότερα εμφανίζεται στις ακτίνες φωτός. Όταν ένα φως ανοίγεται σε ένα δωμάτιο, οι φωτεινές ακτίνες ταξιδεύουν από τη λάμπα σε όλο το δωμάτιο. Όταν ένας φακός ανοίγεται, οι φωτεινές ακτίνες ακτινοβολούν επίσης την πηγή του φωτός, αλλά στρέφονται σε μια στενή ακτίνα.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτά τα παραδείγματα για να σχηματίσουμε μια εικόνα για το πώς διαδίδονται τα ραδιοκύματα. Η ταχύτητα με την οποία και οι δύο μορφές κυμάτων ταξιδεύουν είναι η ίδια, και τα δύο είδη κυμάτων ταξιδεύουν με τη ταχύτητα του φωτός.

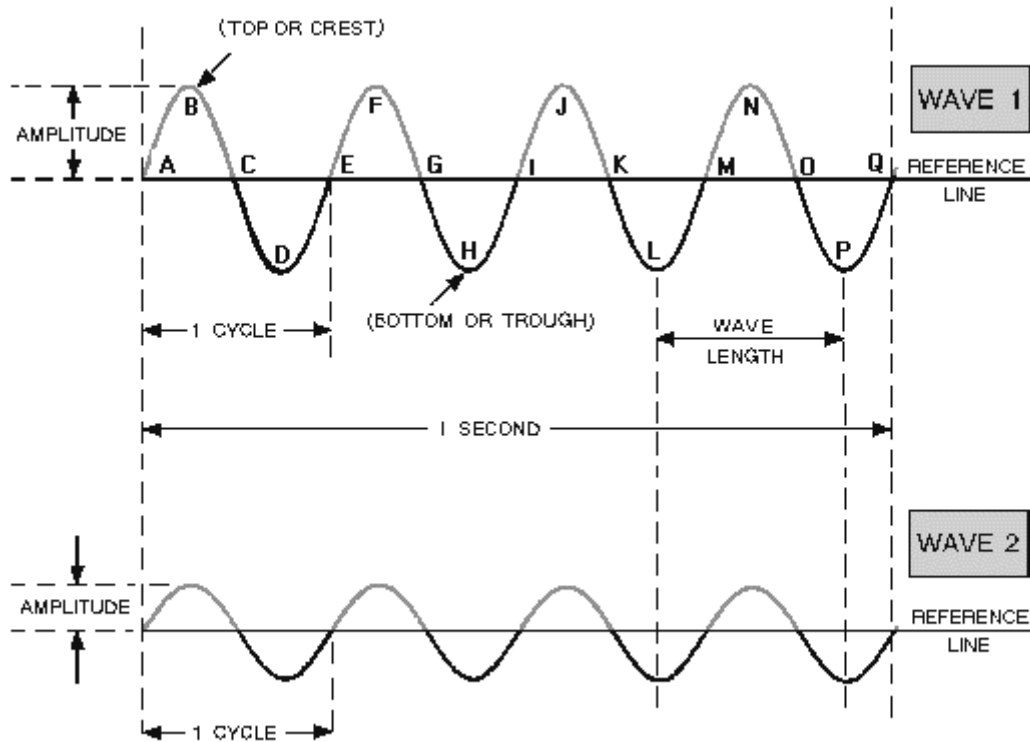
Όλα τα πράγματα πάνω στη γη -επάνω έδαφος, ή νερό- πλημμυρίζονται συνεχώς με τα κύματα της ενέργειας. Μερικά από αυτά τα κύματα υποκινούν τις αισθήσεις μας και μπορούμε να τα δούμε, να γίνουν αισθητά, ή να ακουστούν. Για παράδειγμα, μπορούμε να δούμε το φως, να ακούσουμε τον ήχο, και να αισθανθούμε τη θερμότητα. Εντούτοις, υπάρχουν μερικά κύματα που δεν υποκινούν τις αισθήσεις μας. Για παράδειγμα, τα ραδιοκύματα, όπως εκείνα που παραλαμβάνονται από το ραδιόφωνο ή τις τηλεοράσεις μας, δεν μπορούμε να τα δούμε, να τα ακούσουμε, ή να γίνουν αισθητά. Μια συσκευή πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να μετατρέψει τα ραδιοκύματα στο φως (εικόνες TV) και ήχο (ακουστικό) για μας για να μπορέσουμε να τα κατανοήσουμε.

Ένα ΚΥΜΑ μπορεί να οριστεί ως μια ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ (ηχητικά, φωτεινά, ραδιοκύματα) που κινείται μέσω ενός ΜΕΣΟΥ (αέρας, νερό, κενό). Για να βοηθήσετε να καταλάβετε τι σημαίνει από «μια διαταραχή που κινείται μέσω ενός μέσου,» σκεφτείτε την ακόλουθη περίπτωση. Στέκεστε στη μέση ενός χωραφιού σίτου. Δεδομένου ότι ο αέρας φυσά πέρα από το χωράφι προς εσάς, μπορείτε να δείτε τους μίσχους σίτου και ως δύναμη των κινήσεων αέρα σε αυτούς. Ο σίτος εμφανίζεται να κινείται προς το μέρος σας, αλλά δεν είναι. Αντ' αυτού, οι μίσχοι κινούνται πραγματικά πέρα δώθε. Μπορούμε έπειτα να πούμε ότι το «μέσο» σε αυτήν την απεικόνιση είναι ο σίτος και η «διαταραχή» είναι ο αέρας που κινεί τους μίσχους του σίτου.

Η ΚΙΝΗΣΗ ΚΥΜΑΤΩΝ μπορεί να οριστεί ως μια επαναλαμβανόμενη διαταραχή προωθώντας μέσω του διαστήματος με ή χωρίς τη χρήση ενός φυσικού μέσου. Η κίνηση κυμάτων, επομένως, είναι ένας τρόπος ή την ενέργεια από ένα σημείο σε ένα άλλο σημείο. Παραδείγματος χάριν, όταν χτυπούνε τα ηχητικά κύματα ένα μικρόφωνο, η ηχητική ενέργεια μετατρέπεται στην ηλεκτρική ενέργεια. Όταν τα φωτεινά κύματα χτυπούνε ένα φωτοτρανζίστορ ή ραδιοκύματα χτυπούνε την κεραία, μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια. Επομένως, ο ήχος, το φως, και τα ραδιοκύματα είναι όλες οι μορφές ενέργειας που μεταδίδονται από την κίνηση κυμάτων.

## Όροι που χρησιμοποιούνται στην μετάδοση των κυμάτων.

Υπάρχουν διάφοροι πρόσθετοι όροι σχετικά με τα κύματα που πρέπει να ξέρετε. Πολλοί από τους όρους, όπως ο ΚΥΚΛΟΣ, το ΜΗΚΟΣ ΚΎΜΑΤΟΣ, το ΕΥΡΟΣ, και η ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ



Εικόνα 3.2 : Σύγκριση κυμάτων με διαφορετικό πλάτος

### Κύκλος Κύματος

Αναφερθείτε στο κύμα 1 του σχήματος. Όλα τα εγκάρσια κύματα εμφανίζονται ως κύματα ημιτόνου όταν αντιμετωπίζονται από το πλάι. Στο σχήμα, το κύμα 1 έχει τέσσερις πλήρεις κύκλους. Τα σημεία ABCDE περιλαμβάνουν έναν πλήρη κύκλο που έχει μια μέγιστη τιμή πάνω και μια μέγιστη τιμή κάτω από τη γραμμή αναφοράς. Το κομμάτι επάνω από τη γραμμή αναφοράς (μεταξύ των σημείων A και C) καλείται ΘΕΤΙΚΗ ΕΝΑΛΛΑΓΗ και η μερίδα κάτω από τη γραμμή αναφοράς (μεταξύ των σημείων C και E) είναι γνωστή ως ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΕΝΑΛΛΑΓΗ.

### Μήκος Κύματος

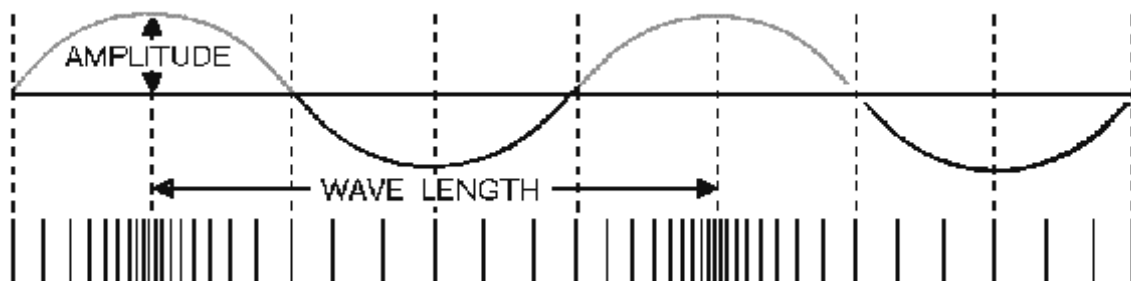
Ένα ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ είναι η απόσταση στο χώρο που καταλαμβάνεται από έναν κύκλο ενός ραδιοκύματος σε οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή. Εάν το κύμα θα μπορούσε να παγώσει σε ισχύ και να μετρηθεί, το μήκος κύματος θα ήταν η απόσταση από την αιχμή ενός κύκλου στο αντίστοιχο σημείο στον επόμενο κύκλο. Τα μήκη κύματος ποικίλλουν από μερικά εκατοστά μιας ίντσας στις εξαιρετικά υψηλές συχνότητες σε πολλά μίλια – στις χαμηλές συχνότητες εντούτοις, η κοινή πρακτική είναι να εκφραστούν τα μήκη κύματος σε μέτρα.

## Εύρος Κύματος

Δύο κύματα μπορούν να έχουν το ίδιο μήκος κύματος, αλλά ο λόφος ένας μπορεί να είναι ψηλότερα επάνω από τη γραμμή αναφοράς από το λόφο του άλλου. Συγκρίνετε το κύμα 1 και το κύμα 2 του σχήματος. Το ύψος ενός λόφου κυμάτων επάνω από τη γραμμή αναφοράς καλείται ΕΥΡΟΣ του κύματος. Το εύρος ενός κύματος δίνει τη σχετική ένδειξη του ποσού ενέργειας που το κύμα διαβιβάζει. Μια συνεχής σειρά κυμάτων, όπως το A μέσω του Q, που έχει το ίδιο εύρος και το μήκος κύματος, καλείται τραίνο των κυμάτων.

## Συχνότητα και Περίοδος ενός κύματος

Η περίοδος ενός κύματος είναι σημαντικός παράγοντας για την μελέτη των κυμάτων. Όταν ένα τραίνο κυμάτων περνά μέσω ενός μέσου, ορισμένα μεμονωμένα κύματα περνούν ένα δεδομένο σημείο σε μια συγκεκριμένη μονάδα του χρόνου. Παραδείγματος χάριν, εάν ένας φελλός στο νερό το κύμα υψώνετε και πέφτει μία φορά κάθε δευτερόλεπτο, το κύμα κάνει να ολοκληρώσει ένα επάνω-και-κάτω από τη δόνηση κάθε δευτερόλεπτο. Ο αριθμός δονήσεων, ή οι κύκλοι, ενός τραίνου κυμάτων σε μια μονάδα του χρόνου καλείται ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ του κύματος και μετριέται σε HERTZ. Εάν 5 κύματα περνούν ένα σημείο στο δευτερόλεπτο, η συχνότητα του τραίνου κυμάτων είναι 5 κύκλοι ανά δευτερόλεπτο.



Εικόνα3.3: Διαμήκη κύμα και το αντίστοιχο εγκάρσιο

Η συχνότητα ενός διαμήκους κύματος, όπως αυτό και ενός εγκάρσιου κύματος, είναι ο αριθμός πλήρων κύκλων που το κύμα κάνει κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης μονάδας του χρόνου. Όσο υψηλότερη η συχνότητα, ο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός συμπίεσεων και επεκτάσεων ανά μονάδα του χρόνου.

Στους δύο τύπους κινήσεων κυμάτων που περιγράφουμε, οι ακόλουθες ποσότητες είναι αυτές που μας ενδιαφέρουν:

a. Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ, η οποία είναι ο χρόνος ( $\tau$ ) στον οποίο ένας πλήρης δονητικός κύκλος των γεγονότων εμφανίζεται,

β. Η ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ της ΔΟΝΗΣΗΣ ( $f$ ), η οποία είναι ο αριθμός κύκλων που πραγματοποιούνται στο λεπτό, και

c. Το ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ, το οποίο είναι η απόσταση που η διαταραχή ταξιδεύει κατά τη διάρκεια μιας περιόδου δόνησης.

Τώρα, εξετάστε την ακόλουθη έννοια. Εάν ένα δοσμένο αντικείμενο κάνει ορισμένες δονήσεις ανά δευτερόλεπτο, κατόπιν 1 δευτερόλεπτο που διαιρείται με τον αριθμό δονήσεων είναι ίσο με τη χρονική περίοδο 1 δόνησης. Με άλλα λόγια, η περίοδος, ή ο χρόνος, 1 δόνησης είναι οι αμοιβαίοι της συχνότητας κατά συνέπεια,

time (T) of one vibration =

$$\frac{1}{\text{frequency (f)}}$$

or

$$T = \frac{1}{f}$$

Εάν ξέρετε την ταχύτητα ενός κύματος, μπορείτε να καθορίσετε το μήκος κύματος με τη διαίρεση της ταχύτητας με τη συχνότητα. Σαν εξίσωση:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$\lambda$  = wavelength

$v$  = velocity of propagation

$f$  = frequency of vibration

Άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά της κίνησης κυμάτων είναι αντανάκλαση, διάθλαση, και η διάθλαση. Οι μεγάλες λέξεις, αλλά η έννοια κάθε μιας είναι εύκολο να κατανοηθεί. Για την ευκολία, θα εξηγήσουμε τα πρώτα δύο χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας τα φωτεινά κύματα, και το τελευταίο χαρακτηριστικό χρησιμοποιώντας τα ηχητικά κύματα. Πρέπει να λάβετε υπόψη ότι όλα τα κύματα αντιδρούν κατά τρόπο παρόμοιο.

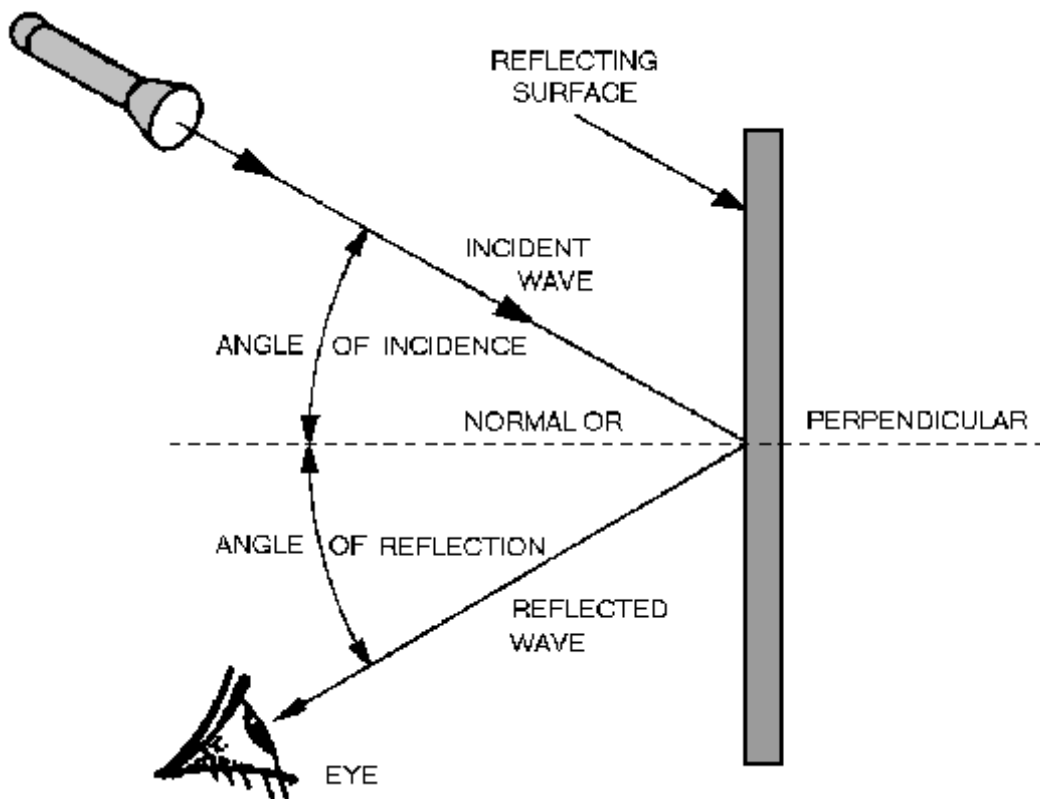
Μέσα στα μέσα, όπως ο αέρας, τα στερεά, ή τα αέρια, ένα κύμα ταξιδεύει σε μια ευθεία γραμμή. Όταν το κύμα αφήνει το όριο ενός μέσου και εισάγει το όριο ενός διαφορετικού μέσου, το κύμα αλλάζει την κατεύθυνση.

Όταν ένα κύμα περνά μέσω ενός μέσου και αντιμετωπίζει ένα μέσο που έχει τα διαφορετικά χαρακτηριστικά, τρία πράγματα μπορούν να εμφανιστούν στο κύμα: (1) μέρος από την ενέργεια μπορούν να απεικονιστούν πίσω στο αρχικό μέσο (2) μέρος από την ενέργεια μπορούν να διαβιβαστούν στο δεύτερο μέσο όπου μπορεί να συνεχιστεί σε μια διαφορετική ταχύτητα ή (3)

μέρος από την ενέργεια μπορούν να απορροφήθει από το μέσο. Σε μερικές περιπτώσεις, και οι τρεις διαδικασίες (αντανάκλαση, μετάδοση, και απορρόφηση) μπορούν να εμφανιστούν μέχρι ενός ορισμένου βαθμού.

### Αντανάκλαση

Τα ΚΥΜΑΤΑ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ είναι απλά κύματα που ούτε διαβιβάζονται ούτε απορροφώνται, αλλά απεικονίζονται από την επιφάνεια του μέσου που αντιμετωπίζουν. Εάν ένα κύμα κατευθύνεται ενάντια σε μια επιφάνεια, όπως ένας καθρέφτης, θα απεικονίσει ή «να αναπηδήσει» από τον καθρέφτη. Αναφερθείτε στο σχήμα. Ένα κύμα που κατευθύνεται προς την επιφάνεια του καθρέφτη καλείται ΣΥΝΑΦΕΣ κύμα. Όταν οι αναπηδήσεις κυμάτων μακριά του καθρέφτη, αυτό γίνονται γνωστές ως ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΜΕΝΟ κύμα. Μια φανταστική κάθετη γραμμή στον καθρέφτη στο σημείο στο οποίο το συναφές κύμα χτυπά την επιφάνεια του καθρέφτη καλείται τον ΚΑΝΟΝΙΚΟ, ή κάθετο. Η γωνία μεταξύ του συναφούς κύματος και του κανονικού καλείται ΓΩΝΙΑ της ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ. Η γωνία μεταξύ του απεικονισμένου κύματος και του κανονικού καλείται ΓΩΝΙΑ της ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗΣ.



Εικόνα3.4 : Παράδειγμα αντανάκλασης



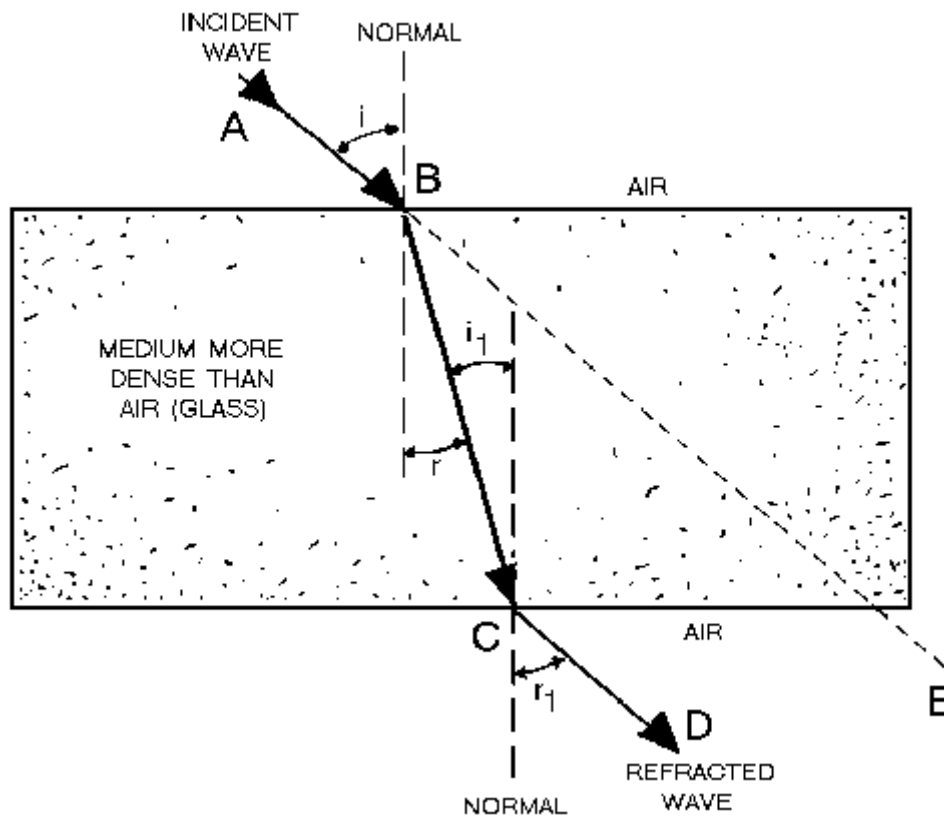
Εάν η επιφάνεια απεικόνισης είναι ομαλή και γυαλισμένη, η γωνία μεταξύ της συναφούς ακτίνας και του κανονικού θα είναι η ίδια με τη γωνία μεταξύ της απεικονισμένης ακτίνας και του κανονικού. Αυτό προσαρμόζεται στο νόμο της αντανάκλασης που δηλώνει: Η γωνία της πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία της αντανάκλασης.

Το ποσό συναφούς ενέργειας κυμάτων που απεικονίζεται από μια δεδομένη επιφάνεια εξαρτάται από τη φύση της επιφάνειας και της γωνίας στις οποίες το κύμα χτυπά την επιφάνεια. Δεδομένου ότι η γωνία της πρόσπτωσης αυξάνεται, το ποσό ενέργειας κυμάτων απεικόνισε τις αυξήσεις. Η απεικονισμένη ενέργεια είναι η μέγιστη όταν το κύμα είναι σχεδόν παράλληλο στην απεικονίζοντας επιφάνεια. Όταν το συναφές κύμα είναι κάθετο στην επιφάνεια, περισσότερος της ενέργειας διαβιβάζεται στην ουσία και λιγότερο απεικονίζεται.

### Διάθλαση

Όταν ένα κύμα περνά από ένα μέσο σε ένα άλλο μέσο που έχει μια διαφορετική ταχύτητα της διάδοσης, μια αλλαγή στην κατεύθυνση του κύματος θα εμφανιστεί. Αυτή η αλλαγή της κατεύθυνσης καθώς το κύμα εισάγεται το δεύτερο μέσο καλείται ΔΙΑΘΛΑΣΗ. Όπως στη συζήτηση της αντανάκλασης, το κύμα που χτυπά το όριο (επιφάνεια) καλείται ΣΥΝΑΦΕΣ ΚΥΜΑ, και η φανταστική κάθετος γραμμών στο όριο καλείται ΚΑΝΟΝΙΚΟ. Η γωνία μεταξύ του συναφούς κύματος και του κανονικού καλείται ΓΩΝΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΠΤΩΣΗΣ. Καθώς το κύμα περνά μέσω του ορίου, κάμπτεται είτε προς είτε μακριά από τον κανονικό. Η γωνία μεταξύ του κανονικού και της πορείας του κύματος μέσω του δεύτερου μέσου είναι η ΓΩΝΙΑ της ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ.

Ένα φωτεινό κύμα που περνά μέσω ενός φραγμού του γυαλιού παρουσιάζεται στο σχήμα. Το κύμα κινείται από το σημείο Α προς το Β σε έναν σταθερής ταχύτητας. Αυτό είναι το συναφές κύμα. Δεδομένου ότι το κύμα διαπερνά το όριο γυαλιού στο σημείο Β, η ταχύτητα του κύματος επιβραδύνεται. Αυτό αναγκάζει το κύμα για να κάμψει προς τον κανονικό. Το κύμα έπειτα παίρνει την πορεία από το σημείο Β στο Γ μέσω του γυαλιού και γίνεται και το διαθλασμένο κύμα από την κορυφαία επιφάνεια και το συναφές κύμα στη χαμηλότερη επιφάνεια. Καθώς το κύμα περνά από το γυαλί στον αέρα (το δεύτερο όριο), διαθλάται πάλι, αυτή τη φορά μακριά από τον κανονικό και παίρνει την πορεία από το σημείο Γ στο Δ. Καθώς το κύμα περνά μέσω του τελευταίου ορίου, η ταχύτητά του αυξάνεται από την αρχική ταχύτητα. Όπως το σχήμα παρουσιάζει, τα διαθλασμένα κύματα μπορούν να κάμψουν προς ή μακριά από τον κανονικό. Αυτή η κάμψη εξαρτάται από την ταχύτητα του κύματος μέσω κάθε μέσου. Η διακεκομμένη γραμμή μεταξύ των σημείων Β και Ε είναι η πορεία που το κύμα θα ταξίδευε εάν τα δύο μέσα (αέρας και γυαλί) είχαν την ίδια πυκνότητα.



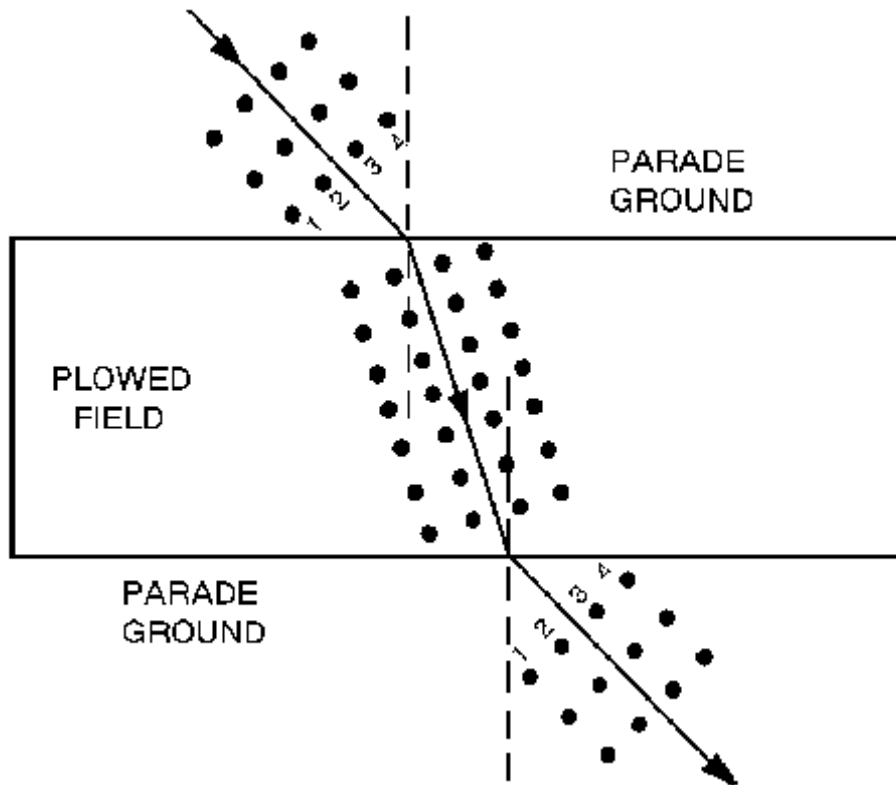
Εικόνα 3.5: Διάθλαση του κύματος

Για να συνοψίσει ποιο σχήμα παρουσιάζει:

1. Εάν τα περάσματα κυμάτων από ένα λιγότερο πυκνό μέσο σε ένα πυκνότερο μέσο, αυτά κάμπτονται από το κανονικό, και η γωνία της διάθλασης ( $r$ ) είναι μικρότερη από τη γωνία της πρόσπτωσης ( $i$ ).

2. Εάν τα περάσματα κυμάτων από ένα πυκνότερο σε ένα λιγότερο πυκνό μέσο, αυτό κάμπτονται μακριά από το κανονικό, και η γωνία της διάθλασης ( $r_1$ ) είναι μεγαλύτερη από τη γωνία της πρόσπτωσης ( $i_1$ ).

Μπορείτε να καταλάβετε ευκολότερα τη διάθλαση με την εξέταση το παρακάτω σχήμα .Υπάρχει ένας οργωμένος τομέας στη μέση ενός εδάφους παρελάσεων. Σκεφτείτε το συναφές κύμα ως επιχείρηση των νεοσυλλέκτων που βαδίζουν τέσσερα παραπλευρώς διαγωνίως πέρα από το έδαφος παρελάσεων στον οργωμένο τομέα, κατόπιν που διασχίζουν τον οργωμένο τομέα και που βγαίνουν στην άλλη πλευρά επάνω στο έδαφος παρελάσεων πάλι. Σαν νεοσυλλέκτους που βαδίζουν διαγώνια πέρα από το έδαφος παρελάσεων και αρχίζουν να διασχίζουν το όριο επάνω στον οργωμένο τομέα, η πρώτη γραμμή επιβραδύνεται. Επειδή οι νεοσύλλεκτοι φθάνουν στο όριο στους διαφορετικούς χρόνους, θα αρχίσουν να επιβραδύνουν στους διαφορετικούς χρόνους (ο αριθμός 1 επιβραδύνει πρώτα και ο αριθμός 4 επιβραδύνει στο τέλος σε κάθε γραμμή). Η καθαρή επίδραση είναι μια κάμπτοντας δράση. Όταν οι νεοσύλλεκτοι αφήνουν τον οργωμένο τομέα και επανεισέρχονται στο έδαφος παρελάσεων, το αντίμετρο πραγματοποιείται.



Εικόνα 3.6

## Διάθλαση

Η ΔΙΑΘΛΑΣΗ είναι η κάμψη της πορείας κυμάτων όταν συναντούν τα κύματα μια παρεμπόδιση. Το ποσό διάθλασης εξαρτάται από το μήκος κύματος του κύματος. Τα κύματα υψηλότερης συχνότητας προξενούνε περίθλαση σπάνια στον κανονικό κόσμο που μας περιβάλλει. Δεδομένου ότι τα φωτεινά κύματα είναι κύματα υψηλής συχνότητας, θα δείτε σπάνια το φως που θα πάθει περίθλαση. Μπορείτε, εντούτοις, να παρατηρήσετε τη διάθλαση στα ηχητικά κύματα με το άκουσμα στη μουσική. Υποθέστε ότι ακούτε υπαίθρια μια ζώνη. Εάν περπατήσετε πίσω από μια στερεά παρεμπόδιση, όπως ένας τοίχος, θα ακούσετε τις συνήθως χαμηλές σημειώσεις. Αυτό είναι επειδή οι υψηλότερες σημειώσεις, που έχουν τα σύντομα μήκη κύματος, υποβάλλονται σε ελάχιστη ή καμία διάθλαση και περνούν από ή πέρα από τον τοίχο χωρίς το τύλιγμα γύρω από τον τοίχο και επίτευξη των αυτιών σας. Οι χαμηλές σημειώσεις, που έχουν τα πιο μακροχρόνια μήκη κύματος, περικάλυμμα γύρω από τον τοίχο και φθάνουν στα αυτιά σας. Αυτό οδηγεί στη γενική δήλωση που τα κύματα χαμηλότερης συχνότητας τείνουν να προξενήσουν περίθλαση περισσότερο από τα κύματα υψηλότερης συχνότητας. Τα ραδιοκύματα ζωνών ραδιοφωνικής μετάδοσης (ζώνη AM)

(κύματα χαμηλότερης συχνότητας) συχνά ταξιδεύουν πέρα από ένα βουνό στη αντίθετη πλευρά από την πηγή τους λόγω της διάθλασης, ενώ υψηλότερης συχνότητας τα σήματα TV και FM από την ίδια πηγή τείνουν να αποκόπτονται από το βουνό.

## Διασπορά

Η διασπορά εμφανίζεται όταν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι συναφές σε μια τραχιά ή ανώμαλη επιφάνεια. Όταν ένα κύμα διασκορπίζεται, οι προσκύπτουσες αντανάκλασεις εμφανίζονται σε πολλές διαφορετικές κατευθύνσεις. Όταν εξετάζεται σε μια μικρή κλίμακα, η επιφάνεια μπορεί συχνά να αναλυθεί ως συλλογή των επιπέδων ή αιχμηρών ανακλαστήρων. Ο προσδιορισμός για το πότε θεωρείται μια επιφάνεια τραχύς είναι συνήθως βασισμένος στο κριτήριο τραχύτητας Rayleigh.

## Απορρόφηση

Οποτεδήποτε ότι ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι παρόν σε ένα υλικό εκτός από ελεύθερου χώρου, εκεί θα είναι κάποια απώλεια δύναμης με την απόσταση λόγω των ωμικών απωλειών.

## Αλλαγή της πόλωσης του κύματος

Όπως παρουσιάσαμε προηγουμένως, τα αποτελέσματα της μετάδοσης και της αντανάκλασης εξαρτώνται από τον προσανατολισμό της πόλωσης του συναφούς κύματος σχετικά με την προσπίπτουσα επιφάνεια. Αυτό μπορεί να έχει επίδραση στην της αλλαγής της πόλωσης του διαβιβασθέντος και απεικονισμένου κύματος, ιδιαίτερα εάν το συναφές κύμα είναι κυκλικά ή ελλειπτικά πολωμένο.

## Βιβλιογραφία

1. Αισθητήρες μέτρησης και ελέγχου, Peter Elgar
2. Semiconductor Sensor, S.M. Sze
3. Antennas for information Super Skyways : An exposition on outdoor and indoor wireless Antennas , Parambur S.Neelakanta, Rajeswari Chatterjee
4. Introduction to RF Propagation , Jonh S.Saybold
5. Propagation Handbookfor wireless communication System Design , Robert K. Crane
6. Mobile satellite Communication Networks, Ray E. Sheriff , Y.Fun Hu
7. Signal Processing for telecommunications and multimedia, Tadeusz A. Wysocki, Bahram Honary, Beata J. Wysocki
8. Fundamentals of Telecommunications , Roger L.Freeman
9. Foundations for Microwave Engineering , Second Edition, Robert E. Collin
10. Communication and System Networks , Ray Horak
11. Ψηφιακές Επικοινωνίες, Φούσκας Γιώργος
12. <http://www.novidesic.com/talks/June%201%202005%20presentation.pdf>
13. Radio and electronics cookbook, Dr George Brown
14. Electromagnetic fields and waves, Lorain and Carson
15. Electromagnetic waves and antennas, S.J. Orfanidis
16. Αισθητήρες μέτρησης και ελέγχου, Peter Elgar
17. <http://www.peakensors.co.uk/rtddatasheets.html>
18. Διαδραστικές εφαρμογές πολυμέσων, Φράνκα Παντάνο- Ρόκου
19. <http://www.webopedia.com/TERM/F/FHSS.html>
20. <http://www.globalmarinenet.net/grib.htm>
21. <http://1tee-chiou.chi.sch.gr/meteo/oiaisthitires.htm>
22. Semiconductor Sensor, S.M. Sze

23. <http://www.hardwaresecrets.com/article/317>
24. [http://www.deltaohm.com/ver05\\_06/Prodotti/Portatili/Termometri\\_termocoppia/Depliant/hd2108.1-.2-hd2128.1-.2\\_D\\_uk.pdf](http://www.deltaohm.com/ver05_06/Prodotti/Portatili/Termometri_termocoppia/Depliant/hd2108.1-.2-hd2128.1-.2_D_uk.pdf)
25. [http://www.deltaohm.com/ver05\\_06/Prodotti/Portatili/Anemometri/Depliant/hd2303.0\\_D\\_uk.pdf](http://www.deltaohm.com/ver05_06/Prodotti/Portatili/Anemometri/Depliant/hd2303.0_D_uk.pdf)
26. Waves in the ocean and atmosphere ,Introduction to wave dynamics, Josef Pedolsky
27. <http://www.weather-station-products.co.uk/item--Weather-station-WS9035--WS9035.html>
28. <http://www.weather-station-products.co.uk/item--LaCrosse-weather-station-WS3502--WS3502.html>
29. <http://www.weather-station-products.co.uk/item--LaCrosse-weather-station-WS3502--WS3502.html>
30. <http://www.weather-station-products.co.uk/item--PC-Link-Professional-Weather-Station--WMR928.html>
31. <http://www.omnistore.gr/index.php/cPath/56>
32. [http://www.symmetron.gr/gr\\_products\\_tblast.php?a=5&b=&cat1=5&cat2=22](http://www.symmetron.gr/gr_products_tblast.php?a=5&b=&cat1=5&cat2=22)
33. [http://www.symmetron.gr/gr\\_products\\_tblast.php?a=1&b=&cat1=4&cat2=15](http://www.symmetron.gr/gr_products_tblast.php?a=1&b=&cat1=4&cat2=15)