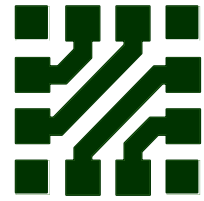




**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΛΑΜΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ  
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ-INTERFACES**



**Πρωτόκολλα Διασύνδεσης  
Αισθητήρων Με Υπολογιστή**

**ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

**ΔΙΔΑΣΚΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΩΝΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**

**ΛΑΜΙΑ 2012**

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία μελετά τα πρωτόκολλα διασύνδεσης αισθητήρων με υπολογιστή. Συγκεκριμένα στο πρώτο μέρος γίνεται μια συνοπτική αναφορά στη θεωρία που συνοδεύει την λειτουργία των αισθητήρων, τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν και τα είδη που υπάρχουν. Επιπλέον η εργασία συνεχίζει με την περιγραφή διαφόρων πρωτοκόλλων διασύνδεσης αισθητήρων με μικροελεγκτές αλλά και με προσωπικούς υπολογιστές. Δίνονται λεπτομέρειες για την λειτουργία του κάθε πρωτοκόλλου αλλά και το hardware που απαιτείται ώστε να επιτευχθεί ολοκληρωμένη επικοινωνία. Επιπλέον δίνονται παραδείγματα εμπορικών αισθητήρων. Η εργασία κλείνει με την περιγραφή λειτουργίας του προγράμματος labview και του πρωτοκόλλου διασύνδεσης GPIB. Περισσότερες πληροφορίες για την εργασία μπορούν να δοθούν μέσα από την βιβλιογραφία.

# Περιεχόμενα

1. *Εισαγωγή στους αισθητήρες*
  - 1.1 Παθητικοί και ενεργοί αισθητήρες
  - 1.2 Απόλυτοι και σχετικοί αισθητήρες
  - 1.3 Χαρακτηριστικά αισθητήρων
  
2. *Διασύνδεση αισθητήρων μέσω I2C & SPI σε μικροελεγκτή*
  - 2.1.1 Εισαγωγή στο I2C
  - 2.1.2 Ιστορικό Υπόβαθρο
  - 2.1.3 Χαρακτηριστικά του I2C Bus
  - 2.2.1 Εισαγωγή στο SPI
  - 2.2 Χαρακτηριστικά του SPI
  
3. *Διασύνδεση μέσω USB πρωτοκόλλου*
  - 3.1 Εισαγωγή στο πρωτόκολλο USB
  - 3.2 Αναλυτική περιγραφή
  - 3.3 Τι είναι ο δίαυλος USB
  - 3.4 Ταχύτητες
  - 3.5 Ιστορία
  - 3.6 Γενική επισκόπηση
  - 3.7 USB Αισθητήρας Επιτάχυνσης 5G
  
4. *Πρωτόκολλο επικοινωνίας RS232*
  - 4.1 Ιστορία
  - 4.2 Εύρος ορισμού του προτύπου
  - 4.3 TM- RS232 Αισθητήρας Θερμοκρασίας
  
5. *Εισαγωγή στις παράλληλες θύρες*
  - 5.1 Ιδιότητες υλικού
  - 5.2 Centronics
  
6. *Labview*
  - 6.1 Εισαγωγή στο Labview
  - 6.2 Κάρτα συλλογή δεδομένων NI USB-6009
  
7. *Διασύνδεση μέσω GPIB*
  - 7.1 Γενικά
  - 7.2 Talkers Listeners and Controllers
  - 7.3 Επικεφαλής Controller και Controller Συστήματος
  - 7.4 Στοιχεία του υλικού
  
8. *Βιβλιογραφία*

## 1. Εισαγωγή στους αισθητήρες

Σύμφωνα με τον οργανισμό "Terms and definitions in industrial-process measurement and control" ,αισθητήρας(sensor) ορίζεται το βασικό στοιχείο σε μια μετρητική αλυσίδα, που μετατρέπει την μεταβλητή εισόδου σε μετρήσιμο σήμα.

Ερέθισμα(stimulus) εννοούμε μια ποσότητα ,ιδιότητα ή κατάσταση η οποία γίνεται αισθητή και μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα.

Στόχος του αισθητήρα, γενικά, είναι να μετατρέπει μια μη ηλεκτρική ποσότητα σε ηλεκτρική, δηλαδή σε ένα σήμα το οποίο είναι δυνατόν να διοχετευτεί, να ενισχυθεί και να τροποποιηθεί από κάποιο ηλεκτρονικό κύκλωμα. Για παράδειγμα, τα θερμοηλεκτρικά ζεύγη, οι ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης(RTDs) και τα θερμίστορ(PTC & NTC) μετατρέπουν την θερμοκρασία σε ένα αναλογικό σήμα, το οποίο ένας αναλογικός σε ψηφιακό μετατροπέας μπορεί να μετρήσει. Άλλα παραδείγματα περιλαμβάνουν τους μετατροπείς ροής και τους μετατροπείς πίεσης που μετρούν τη δύναμη ,το ποσοστό ροής και τη πίεση, αντίστοιχα. Σε κάθε περίπτωση τα ηλεκτρονικά σήματα που παράγονται είναι ανάλογα προς τις φυσικές παραμέτρους που μετρούν.

Το σήμα εξόδου του αισθητήρα μπορεί να είναι σε μορφή τάσης ,ρεύματος φορτίου ή ακόμη συχνότητας, πλάτους και φάσης. Έτσι λοιπόν οι ιδιότητες του σήματος εισόδου ενός αισθητήρα μπορεί να είναι κάθε μορφής, ενώ το σήμα εξόδου έχει αποκλειστικά ηλεκτρικές ιδιότητες αναλογικής ή ψηφιακής μορφής.

Ένας όρος ο οποίος συχνά συγχέεται με τον όρο του αισθητήρα είναι ο όρος μετατροπέας (transducer),ο οποίος μετατρέπει μια φυσική ποσότητα σε ηλεκτρικό σήμα και αντίστροφα .Σύμφωνα με τον οργανισμό "Instrument Society of America", μετατροπέας είναι μια δομή που παράγει μια χρήσιμη έξοδο ως απόκριση σε μια συγκεκριμένη φυσική ποσότητα. Το μέγαφωνο, για παράδειγμα είναι ένα είδος μετατροπέα ο οποίος μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα σε μαγνητικό πεδίο και έπειτα σε ακουστικά κύματα.

### 1.1 Παθητικοί και ενεργοί αισθητήρες

Όλοι οι αισθητήρες διαχωρίζονται σε παθητικούς και ενεργούς. Οι παθητικοί αισθητήρες παράγουν ένα ηλεκτρικό σήμα ως απόκριση σε κάποιο ερέθισμα χωρίς την δαπάνη ενέργειας ,μετατρέποντας την ενέργεια του εισερχόμενου ερεθίσματος στην μορφή του εξερχόμενου σήματος (π.χ. πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας ,φωτοδίοδος).Σε αντίθεση με τους παθητικούς ,οι ενεργοί αισθητήρες προκειμένου να παράγουν το σήμα εξόδου απαιτούν την δαπάνη ενέργειας η οποία προέρχεται από μια εξωτερική πηγή που ονομάζεται σήμα διέγερσης (excitation signal).

### 1.2 Απόλυτοι και σχετικοί αισθητήρες

Ένα διαφορετικό κριτήριο κατηγοριοποίησης διαχωρίζει τους αισθητήρες σε απόλυτους (absolute ) και σχετικούς (relative) .Το κριτήριο αποτελεί την αναφορά της μέτρησης του αισθητήρα σε κάποια κλίμακα. Κατά συνέπεια απόλυτος χαρακτηρίζεται ο αισθητήρας το σήμα παραγωγής του οποίου αναφέρεται σε μια απόλυτη (ακριβής) φυσική κλίμακα που είναι ανεξάρτητη από τις συνθήκες μέτρησης, ενώ ο σχετικός αισθητήρας παράγει σήματα που αναφέρονται σε μια ειδική κλίμακα τιμών.

### 1.3 Χαρακτηριστικά αισθητήρων

Τα χαρακτηριστικά που ορίζουν τους αισθητήρες είναι τα εξής:

- Συνάρτηση μεταφοράς(transfer function)
- Εύρους εισόδου(range or span) (input full scale-FS)
- Εύρος εξόδου (full-scale output)(full scale output-FSO)
- Ακρίβεια(accuracy)
- Βαθμονόμηση/ρύθμιση(calibration)
- Σφάλμα βαθμονόμησης
- Υστέρηση(hysteresis)
- Μη Γραμμικότητα(nonlinearity)
- Συντελεστής Κορεσμού
- Επαναληψιμότητα
- Νεκρή Ζώνη(dead-band)
- Διακριτική ικανότητα(resolution)
- Σύνθετη Αντίσταση Εξόδου(output impedance)
- Διέγερση(excitation)
- Αξιοπιστία(Reliability)
- Ελάχιστο Σήμα κατωφλίου(threshold)
- Θόρυβος(noise)
- Ολίσθηση(drift)
- Χρόνος προθέρμανσης(warm-up time)

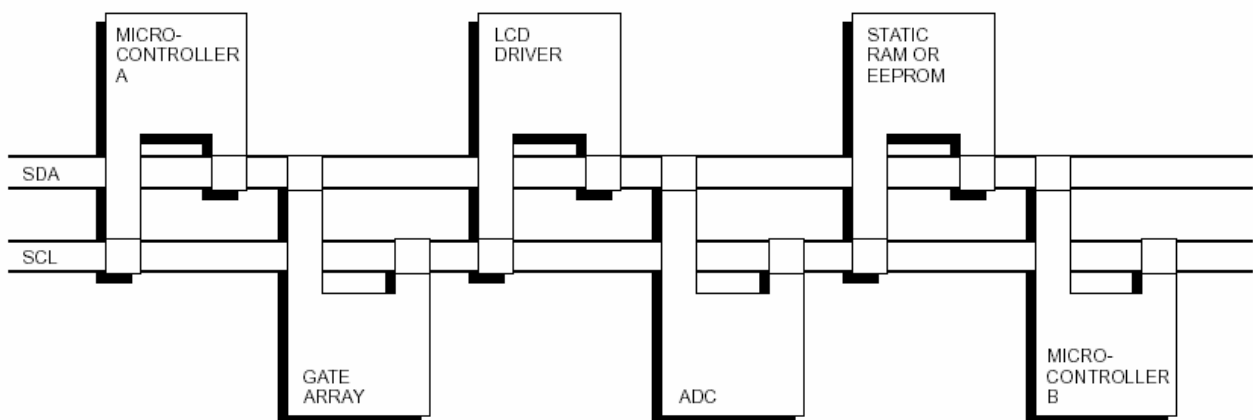
## 2. Διασύνδεση αισθητήρων μέσω I2C & SPI σε μικροελεγκτή

### 2.1.1 Εισαγωγή στο I2C

Το I2C Bus αποτελεί ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για την διασύνδεση μεταξύ διαφορετικών ολοκληρωμένων, όπως των μικροελεγκτών και των υπόλοιπων ολοκληρωμένων περιφερειακών όπως EEPROMs, A/D μετατροπείς, LCD drivers, αισθητήρες αλλά και με άλλους μικροελεγκτές. Είναι ένα πρωτόκολλο που μεταδίδει δεδομένα σειριακά. Με το I2C αποφεύγεται η χρησιμοποίηση ενός παράλληλου διαύλου δεδομένων που εισάγει μεγάλη πολυπλοκότητα στη σχεδίαση αλλά και μεγαλύτερο κόστος. Βρίσκει πολλές εφαρμογές στα σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα όπως σε συσκευές εικόνας και ήχου, σε τηλεφωνικές συσκευές, modems, dip switches, embedded microprocessor boards αλλά και στην επικοινωνία αισθητήρων θερμοκρασίας με τις οθόνες όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Οι ταχύτητες τις οποίες επιτυγχάνει μπορούν να φτάσουν μέχρι και 3.4 Mbps, ταχύτητες ικανές για την ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα στους κόμβους και το μήκος του καλωδίου μερικές δεκάδες μέτρα, μήκος αρκετά ικανό αν θεωρήσουμε ότι οι αποστάσεις συνήθως δεν ξεπερνάνε τα μερικά μέτρα.

### 2.1.2 Ιστορικό Υπόβαθρο

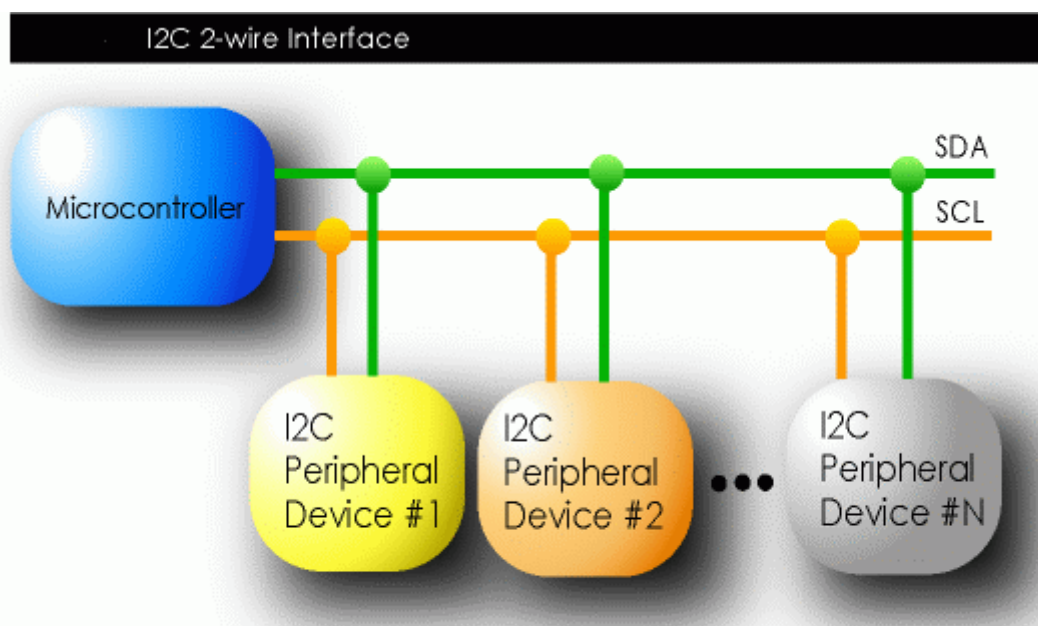
Το πρωτόκολλο I2C (inter-integrated circuit) αναπτύχθηκε την δεκαετία του 1980 από την Philips αρχικά με σκοπό την εύκολη επικοινωνία μεταξύ μιας Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας(CPU) με τα περιφερειακά κυκλώματα μιας τηλεόρασης. Σήμερα, το I2C bus χρησιμοποιείται σε πολύ περισσότερες εφαρμογές απ' αυτές σε εξαρτήματα ήχου και video. Το I2C bus είναι γενικά αποδεκτό στην βιομηχανία και έχει υιοθετηθεί από πολλούς κατασκευαστές chip όπως Xicor, ST Microelectronics, Infineon Technologies, Intel, Texas Instruments, Maxim, Atmel, Analog Devices και άλλες εταιρίες.



Σχήμα 2.1: Διασύνδεση μεταξύ διαφορετικών ολοκληρωμένων(I2C MODE)

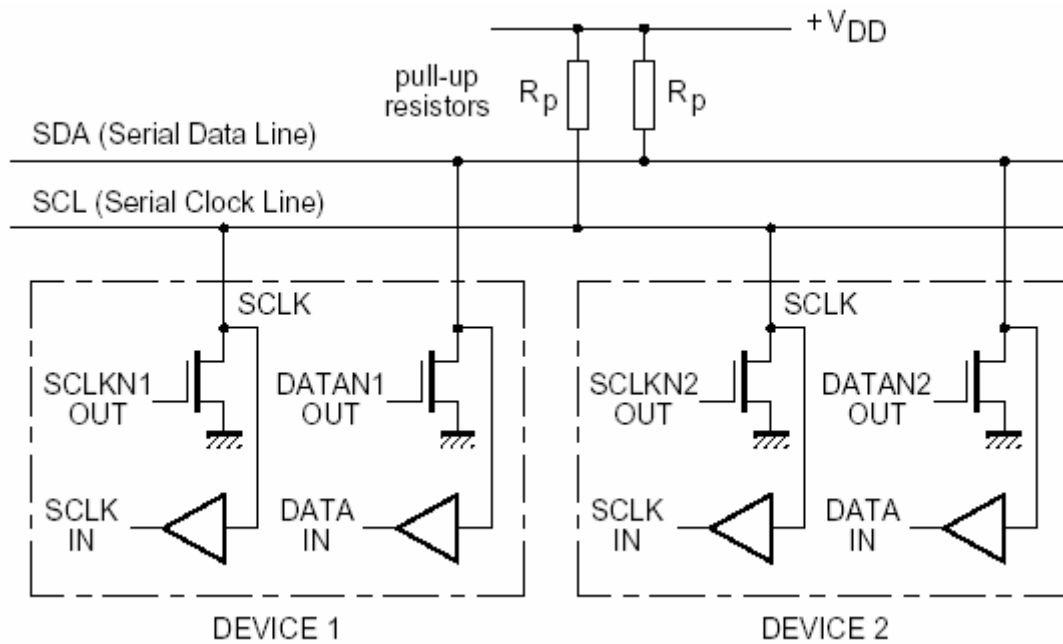
### 2.1.3 Χαρακτηριστικά του I2C Bus

Το I2C υλοποιείται με την χρήση δύο καλωδίων διπλής κατεύθυνσης. Τα δύο καλώδια αυτά είναι το SDA, Serial Data, που χρησιμοποιείται για την μεταφορά δεδομένων και το SCL, Serial Clock, για το ρολόι και είναι συνδεδεμένα πάντα σε θετική τροφοδοσία μέσω pull-up αντιστάσεων. Κάθε συσκευή πάνω στο bus έχει τη δικιά της μοναδική διεύθυνση, καθώς επίσης και το δικαίωμα αποστολής και λήψης δεδομένων από το δίαυλο. Το μήκος του καλωδίου(bus) μπορεί να φτάσει τα 3 με 4 μέτρα αλλά μπορεί και να αυξηθεί με τους λεγόμενους bus extenders έως και 100m. Επιπλέον κάθε συσκευή πάνω στο bus μπορεί να λειτουργεί είτε ως Master, οπότε αποφασίζει για τις λειτουργίες που επιτελούνται πάνω στο bus, είτε ως slave, οπότε ανταποκρίνεται στις αιτήσεις του Master. Μια γενική τοπολογία ενός δικτύου I2C με Master έναν μικροελεγκτή φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 2.3: I2C Δίκτυο

Εξαιτίας της αμφίδρομης φύσης των καλωδίων, SDA και SCL, τα στάδια εξόδου των ολοκληρωμένων για να μπορούν να αντεπεξέρχονται σε τυχόν συγκρούσεις(collision) χωρίς να καταστρέφονται έχουν στάδια εξόδου ανοικτού συλλέκτη(open collector/drain) έτσι ώστε να διεκπεραιώνουν την καλωδιωμένη-AND(wired-AND) λογική του καλωδίου. Το στάδιο εξόδου του ανοικτού συλλέκτη, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα, δεν έχει pull-up αντίσταση συνεπώς δεν μπορεί να οδηγήσει την γραμμή σε υψηλή στάθμη. Οι εξωτερικές pull-up αντιστάσεις οδηγούν τις γραμμές SDA, SCL οποτεδήποτε οι γραμμές αυτές δεν οδηγούνται από το τρανζίστορ εξόδου σε υψηλή στάθμη.



Σχήμα 2.3.1: Τρόπος σύνδεσης ολοκληρωμένων στο I2C bus

Από την παραπάνω τοπολογία συμπεραίνουμε ότι όταν το bus βρίσκεται σε αδρανή κατάσταση οι δυο γραμμές SDA, SCL, είναι σε υψηλή στάθμη. Το κύκλωμα οδήγησης των διαφόρων συσκευών μπορεί μόνο να θέσει σε μηδενική στάθμη τις γραμμές SDA, SCL ενώ η υψηλή στάθμη δίνεται από τις εξωτερικές pull-up αντιστάσεις. Η ακριβής τιμή των αντιστάσεων δεν παίζει καθοριστικό ρόλο στην λειτουργία ενός συστήματος επικοινωνίας μέσω του πρωτοκόλλου I2C. Οι τιμές των αντιστάσεων μπορούν να κυμαίνονται από 1k8 (1800 ohms) έως 47k (47000 ohms). Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τιμές είναι 1k8, 4k7 και 10k. Η απουσία όμως αυτών των αντιστάσεων θα είχε ως αποτέλεσμα οι γραμμές των SCL, SDA να «κρατούνται» πάντα σε χαμηλό επίπεδο- κοντά στα 0 volts-και το I2C να μην λειτουργεί. Η τιμή των pull-up αντιστάσεων μαζί με την χωρητικότητα των γραμμών και των εισόδων των συσκευών καθορίζουν την καθυστέρηση στην άνοδο του παλμού και για αυτό θα πρέπει το γινόμενο τους να είναι αρκετά μικρό ώστε να είναι ευδιάκριτο το μέτωπο του παλμού. Για το λόγο αυτό η τιμή των pull-up αντιστάσεων θα πρέπει να είναι αρκετά μικρή.



## 2.2.1 Εισαγωγή στο SPI

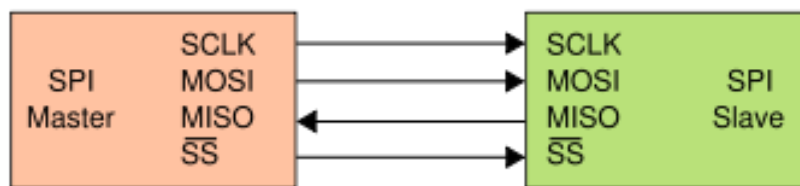
Το SPI(Serial Peripheral Interface), όπως και το I2C αναπτύχθηκε με σκοπό την εύκολη επικοινωνία μεταξύ ολοκληρωμένων και τον καλύτερο τρόπο διασύνδεσης των περιφερειακών μονάδων και των μικροελεγκτών μεταξύ τους. Το Πρωτόκολλο **SPI** ή **Serial Peripheral Interface Bus** επιτρέπει την σειριακή σύγχρονη επικοινωνία μεταξύ ολοκληρωμένων σε πλήρης αμφίδρομη επικοινωνία. Ο δίαυλος υλοποιήθηκε για πρώτη φορά από την εταιρία Motorola. Οι συσκευές επικοινωνούν μεταξύ τους σε mode Master/Slave. Ο Master του διαύλου είναι το ολοκληρωμένο που παράγει το frame των δεδομένων και το μεταδίδει προς τα ολοκληρωμένα slave. Μπορούν σε έναν SPI δίαυλο να διασυνδεθούν περισσότερες από μία συσκευές slave χρησιμοποιώντας της γραμμές Chip Select. Πολλές φορές το SPI το αποκαλούν "σειριακό δίαυλο 4 καλωδίων".

Το SPI επιτρέπει σε δεδομένα των 8-bits να αποστέλλονται σύγχρονα και ταυτόχρονα να λαμβάνονται σύγχρονα δεδομένα με ταχύτητα που φτάνει το 1Mbps.

Για να επιτευχθεί επικοινωνία το SPI χρησιμοποιεί 4 ακροδέκτες:

1. Τον ακροδέκτη SDO(Σειριακά δεδομένα εξόδου)
2. Τον ακροδέκτη SDI(Σειριακά δεδομένα εισόδου)
3. Το σειριακό ρολόι (SCK)

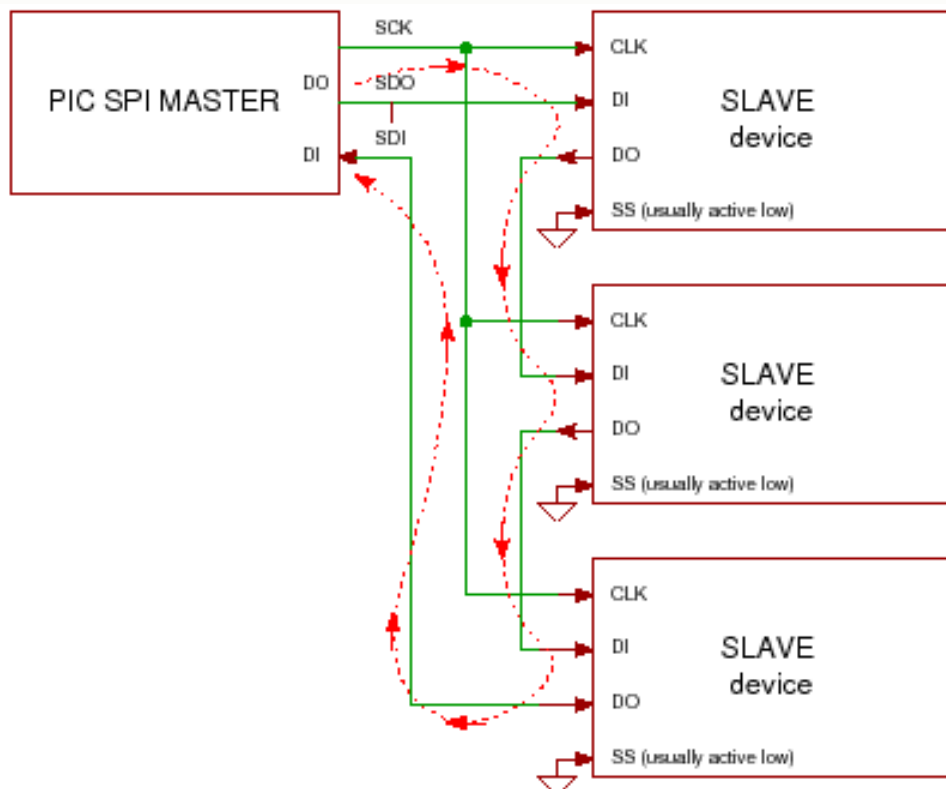
Επιπρόσθετα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ένας τέταρτος ακροδέκτης στην λειτουργία slave: Επιλογή slave (SS'). Σε όλες τις μεταφορές στο SPI το ψηφίο υψηλότερης αξίας στέλνεται πρώτο, όπως εξάλλου συμβαίνει και στο I2C. Όταν αρχικοποιείται το SPI, πρέπει να καθοριστούν ορισμένα χαρακτηριστικά.



Σχήμα 2.4: Τρόπος σύνδεσης master-slave ολοκληρωμένων στο I2C

## 2.2 Χαρακτηριστικά του SPI

1. Επιτρέπει την σύγχρονη επικοινωνία.
2. Είναι σειριακό.
3. Είναι πλήρως αμφίδρομο (full-duplex).
4. Δεν είναι plug-and-play.
5. Υπάρχει ένας και μόνο ένας Master στον διάυλο, ενώ μπορεί να υπάρξουν ένας ή περισσότεροι Slaves.



Σχήμα 2.5: Τρόπος σύνδεσης master-πολλαπλών slave ολοκληρωμένων στο I2C

### 3. Διασύνδεση μέσω USB πρωτοκόλλου

#### 3.1 Εισαγωγή στο πρωτόκολλο USB

Ο **Ενιαίος Σειριακός Δίαυλος**, γνωστός και ως **Universal Serial Bus** ή απλά **USB**, είναι ένα σύστημα διαύλου, το οποίο χρησιμοποιείται για την επικοινωνία ενός υπολογιστή με περιφερειακά συστήματα. Η σύνδεση Ενιαίου Σειριακού Διαύλου (ΕΣΔ), απαιτεί λιγότερο χώρο και μπορεί επίσης να παρέχει ενέργεια σε απλές συσκευές όπως το ποντίκι, το πληκτρολόγιο ή η ιστοκάμερα. Με τη χρήση του ΕΣΔ οι περιφερειακές συσκευές και τα χαρακτηριστικά τους μπορούν να αναγνωρίζονται αυτόματα. Οι σύγχρονοι υπολογιστές διαθέτουν συνήθως 4 έως 6 θύρες.



#### 3.2 Αναλυτική περιγραφή

Ο Ενιαίος Σειριακός Δίαυλος είναι τμηματικό πρότυπο δίαυλου για τη διασύνδεση συσκευών. Ο USB είχε ως σκοπό να επιτρέψει στις περιφερειακές μονάδες να συνδέονται με τον υπολογιστή χρησιμοποιώντας μια ενιαία τυποποιημένη υποδοχή διεπαφών και να βελτιώσει τις έτοιμες προς χρήση ικανότητες των συσκευών για σύνδεση ή αποσύνδεσή τους με το σύστημα χωρίς να χρειάζεται επανεκκίνηση. Άλλα χαρακτηριστικά γνωρίσματα περιλαμβάνουν την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στις συσκευές χαμηλής κατανάλωσης χωρίς την ανάγκη εξωτερικής παροχής ηλεκτρικού ρεύματος και την δυνατότητα πολλών συσκευών USB να χρησιμοποιηθούν χωρίς την απαίτηση ρυθμίσεων ή μεμονωμένων προγραμμάτων οδήγησης (drivers) από τους κατασκευαστές για να εγκατασταθούν.

Ο USB προορίζεται να βοηθήσει να αποσυρθούν όλες οι διαφορετικού τύπου θύρες, σειριακές ή παράλληλες. Ο USB μπορεί να συνδέσει τις περιφερειακές μονάδες υπολογιστών όπως το ποντίκι, το πληκτρολόγιο, τα PDA, τα χειριστήρια παιχνιδιών, οι σαρωτές, οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, οι εκτυπωτές, οι συσκευές MP3 και οι φορητές μονάδες δίσκων ή μνημών (στο εξής οι τελευταίες θα αναφέρονται με τον αγγλικό όρο USB flash drive ή απλά flash drive). Για πολλές από τις προαναφερόμενες συσκευές η μέθοδος σύνδεσης USB έχει γίνει η τυποποιημένη μέθοδος σύνδεσης. Το USB χρησιμοποιείται επίσης εκτενώς για να συνδέσει τους μη-δικτυακούς εκτυπωτές με θύρα USB και απλοποιεί τη σύνδεση πολλών εκτυπωτών με έναν υπολογιστή. Ο μεγάλος όγκος των USB flash drives και η ευκολία χρησιμοποίησής τους έχει δημιουργήσει ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων, που όμως αγνοείται συχνά. Μέσω λογισμικού μπορούν να κλειδωθούν οι συσκευές USB (ακόμα και οι φορητές μνήμες flash), ώστε να μην λειτουργούν με τον Η/Υ και να επιτρέπεται σε άλλες περιφερειακές μονάδες USB να λειτουργούν, όπως οι εκτυπωτές. Ο δίαυλος USB σχεδιάστηκε αρχικά για τους προσωπικούς υπολογιστές, αλλά έχει γίνει κοινό και σε

άλλες συσκευές, όπως τα PDA και οι παιχνιδομηχανές. Το 2004 υπήρχαν περίπου 1 δισεκατομμύριο συσκευές USB στον κόσμο.

### **3.3 Τι είναι ο δίαυλος USB**

Ο δίαυλος USB είναι μια σύνδεση Η/Υ με περιφερειακές συσκευές. Το 1995 η θύρα USB άρχισε να εμφανίζεται στους πρόσφατα κατασκευασμένους υπολογιστές. Από το 1997 τα Windows 98 ήταν η πρώτη έκδοση του λειτουργικού συστήματος Windows που υποστήριξε την τεχνολογία USB. Δεν πέρασε πολύς καιρός πριν αυξηθεί η δημοτικότητα της θύρας USB σε σημείο που όλα τα προηγούμενα πρότυπα σύνδεσης Η/Υ να αντικατασταθούν με περιφερειακά αυτής της θύρας σύνδεσης. Οι σημερινοί υπολογιστές παρέχουν τουλάχιστον τρεις θύρες σύνδεσης USB.

Η σύνδεση USB υποστηρίζει την έτοιμη προς χρήση εγκατάσταση, δηλαδή δεν χρειάζονται κάποιοι ξεχωριστά προγράμματα οδήγησης (drivers) για να λειτουργήσει η θύρα USB, αλλά το λειτουργικό σύστημα περιλαμβάνει οδηγούς για αρκετές κλάσεις (classes) συσκευών USB. Η διασύνδεση USB απολαμβάνει επίσης της ευρείας αναγνώριση των χρηστών και φήμη για την υψηλή απόδοσή της.

### **3.4 Ταχύτητες**

Ο USB λειτουργεί με τις ακόλουθες ταχύτητες:

- 1.5 Mbit/s (χαμηλή-low ταχύτητα),
- 12 Mbit/s (πλήρης-full ταχύτητα),
- 480 Mbit/s (υψηλή-high ταχύτητα),
- 5 Gbit/s (υπερυψηλή-Super Speed ή SS).

Η πιο πρόσφατη έκδοσή του USB που λειτουργεί με την υπερυψηλή ταχύτητα ονομάζεται USB 3.0.

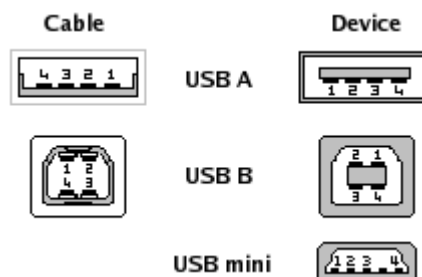
### **3.5 Ιστορία**

Η προδιαγραφή USB 1.0 παρουσιάστηκε τον Νοέμβριο του 1995. Ο USB προωθήθηκε από την Intel (UHCI and open software stack), τη Microsoft (Windows software stack), την Philips (Hub, uSB-ήχος) και την US Robotics. Αρχικά ο USB προοριζόταν να αντικαταστήσει το πλήθος θυρών στο πίσω μέρος των Η/Υ, καθώς επίσης και να απλοποιήσει τη διαμόρφωση του λογισμικού των συσκευών επικοινωνίας. Η USB ήταν, επίσης, η κύρια θύρα στον Apple iMac που παρουσιάστηκε στις 6 Μαΐου του 1998, συμπεριλαμβανομένης τη θύρας για το νέο πληκτρολόγιο και το ποντίκι. Το πρότυπο USB 1.1 παρουσιάστηκε τον Σεπτέμβριο του 1998 για να αποκαταστήσει τα προβλήματα που εμφανίστηκαν με τις

προηγούμενη έκδοσή του. Από το 2008 η προδιαγραφή USB βρίσκεται στην έκδοση 2.0 (με τις αναθεωρήσεις).

Η Hewlett Packard, η Intel, η Lucent (τώρα Alcatel-Lucent), η Microsoft, η NEC, και η Philips συνεργάστηκαν από κοινού στην πρωτοβουλία να αναπτυχθεί ένα πρότυπο με υψηλότερο ποσοστό μεταφοράς δεδομένων από την προδιαγραφή 1.1. Η προδιαγραφή USB 2.0 παρουσιάστηκε τον Απρίλιο του 2000 και τυποποιήθηκε από την USB-IF στα τέλη του 2001. Ο εξοπλισμός προσαρμόζεται σε οποιαδήποτε έκδοση των προτύπων (1.0 , 1.1 , 2.0) και λειτουργεί, επίσης, με τις συσκευές που σχεδιάστηκαν σε οποιαδήποτε προηγούμενη προδιαγραφή (1.0 , 1.1 , 2.0) (γνωστή και ως οπίσθια συμβατότητα).

Τα μικρότερα βύσματα και υποδοχές USB για τη χρήση στις φορητές και κινητές συσκευές, αποκαλούμενες mini-B, προστέθηκαν στην προδιαγραφή USB με τη πρώτη ειδοποίηση για την αλλαγή του σχήματος των αρχικών βυσμάτων και υποδοχών. Μια νέα παραλλαγή των μικρότερων βυσμάτων USB και των υποδοχών, αποκαλούμενη micro-USB, αναγγέλθηκε από το φόρουμ εφαρμοστών USB στις 4 Ιανουαρίου του 2007.



Σχήμα 3.1: Συλλογή από θύρες USB και αρίθμηση των ακροδεκτών τους

### 3.6 Γενική επισκόπηση

Ένα σύστημα USB έχει ασύμμετρο σχεδιασμό, που αποτελείται από μια υποδοχή (host), ένα πλήθος θυρών USB από κάτω και πολλαπλάσιων περιφερειακών συσκευών, που συνδέονται σε μια συσκευή. Πρόσθετοι καταναμητές USB μπορούν να περιληφθούν σε σειρές, επιτρέποντας τη διακλάδωση σε μια σειρά από υποδοχές, υπό τον όρο ότι δεν ξεπερνά το όριο πέντε συνδέσεων. Η υποδοχή USB μπορεί να έχει πολλαπλάσιους ελεγκτές και κάθε ένας από αυτούς μπορεί να παρέχει μία ή περισσότερες θύρα/θύρες USB. Μέχρι 127 συσκευές, συμπεριλαμβανομένων των συσκευών ελέγχου, μπορούν να συνδεθούν με έναν ενιαίο ελεγκτή θυρών.

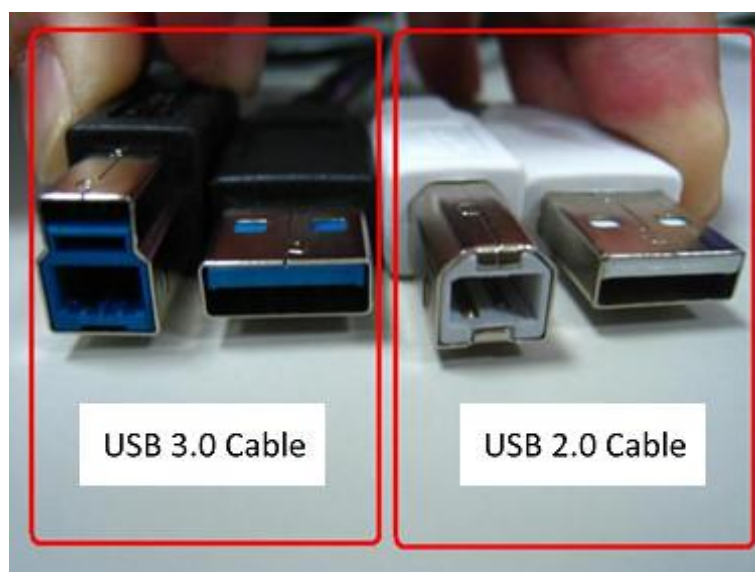
Οι συσκευές USB συνδέονται μαζικά μέσω των θυρών. Πάντα υπάρχει ένας καταναμητής (hub) γνωστός ως αρχικός καταναμητής, ο οποίος είναι ενσωματωμένος στον ελεγκτή εισόδων. Υπάρχει και ο «διαμοιραστής» επιτρέποντας στους πολλαπλάσιους υπολογιστές να έχουν πρόσβαση στην ίδια περιφερειακή συσκευή, είτε μεταξύ των PC αυτόματα είτε χειροκίνητα. Ο διαμοιραστής χρησιμοποιείται περισσότερο σε μικρά γραφεία και εταιρίες.

Μια ενιαία φυσική συσκευή USB μπορεί να αποτελείται από διάφορες υποσυσκευές που αναφέρονται ως οι βασικές συσκευές λειτουργίας, επειδή κάθε μεμονωμένη συσκευή μπορεί να παρέχει διάφορες λειτουργίες, όπως σε μία ιστοκάμερα (τηλεοπτική λειτουργία συσκευών) ή σε ένα ενσωματωμένο μικρόφωνο (ακουστική λειτουργία συσκευών).

Η επικοινωνία των συσκευών USB είναι βασισμένη πάνω σε κανάλια. Τα κανάλια είναι συνδέσεις από την υποδοχή που καταλήγουν στη συσκευή και ονομάζεται άκρο (endpoint). Επίσης, το άκρο χρησιμοποιείται περιστασιακά για να αναφερθεί στο "κανάλι". Μια συσκευή USB μπορεί να έχει μέχρι 32 συνολικά ενεργά κανάλια, 16 στην υποδοχή και 16 από στον ελεγκτή. Κάθε άκρο μπορεί να μεταφέρει δεδομένα σε μια κατεύθυνση μόνο, είτε μέσα είτε έξω από τη συσκευή, και έτσι κάθε "κανάλι" είναι ομοιοκατευθυνόμενο. Τα άκρα αυτά ομαδοποιούνται στις διεπαφές και κάθε διεπαφή συνδέεται με μια ενιαία λειτουργία συσκευών. Μια εξαίρεση σε αυτό είναι το άκρο μηδέν, το οποίο χρησιμοποιείται για τη διαμόρφωση των συσκευών και δεν συνδέεται με καμία διεπαφή.

Όταν μια νέα συσκευή USB συνδέεται με μια υποδοχή, αρχίζει η διαδικασία απαρίθμησης USB. Η απαρίθμηση υφίσταται αρχικά επεξεργασία και μετά στέλνει ένα σήμα αναστοίχιοθέτησης στη συσκευή USB. Η ταχύτητα της συσκευής USB καθορίζεται κατά τη διάρκεια της σηματοδότησης. Μετά από την αναστοίχιοθέτηση, οι πληροφορίες της κάθε USB διαβάζονται από τη συσκευή μέσω της υποδοχής της και αποδίδεται μία συγκεκριμένη διεύθυνση εύρους επτά bit στον ελεγκτή. Εάν η συσκευή υποστηρίζεται σωστά από την υποδοχή της, τότε οι πληροφορίες, φορτώνονται και η συσκευή τίθεται σε κατάσταση διαμόρφωσης. Εάν η υποδοχή USB επανεκκινήσει, η διαδικασία απαρίθμησης επαναλαμβάνεται για όλες τις συνδεδεμένες συσκευές.

Ο ελεγκτής υποδοχών καθορίζει το δίαυλο για την επικοινωνία και έχει, συνήθως, κυκλική μορφή. Έτσι, καμία συσκευή USB δεν μπορεί να μεταφέρει οποιαδήποτε δεδομένα, όσον αφορά στο δίαυλο, χωρίς ένα ρητό αίτημα από την υποδοχή της.



Σχήμα 3.2: Σύγκριση θυρών USB 3 και USB 2

### 3.7 USB Αισθητήρας Επιτάχυνσης 5G

Το αξελερόμετρο 5G μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλά πειράματα εντός και εκτός εργαστηρίου. Μετράει επιταχύνσεις κατά μήκος του βέλους που βρίσκεται πάνω στον αισθητήρα σε μονάδες  $m/s^2$  ή σε  $g$ . Ο αισθητήρας επηρεάζεται από την βαρύτητα της Γης και το γεγονός αυτό μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε για να τον βαθμονομήσουμε (καλιμπράρουμε). Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως κλισίμετρο για την μέτρηση γωνιών αφού όταν αλλάζουμε την θέση του από οριζόντια σε κάθετη θα αλλάξει και η ένδειξη του ανάλογα με τη γωνία (0-90ο).

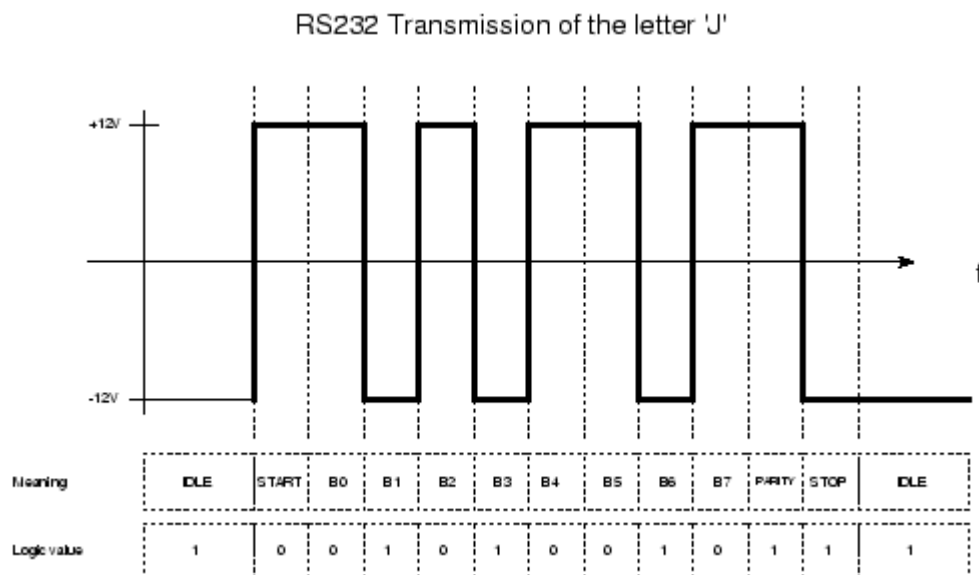


Σχήμα 3.3: Αισθητήρας επιτάχυνσης με ενσωματωμένη USB επικοινωνία

<u>Τεχνικά χαρακτηριστικά:</u>	5G
• Εύρος:	-47 $m/s^2$ ~ +47 $m/s^2$
• Διαθέσιμο εύρος:	-19.6 $m/s^2$ ~ +19.6 $m/s^2$
• Ανάλυση:	0.038 $m/s^2$
• Απόκριση συχνότητας:	0 ~ 100 Hz

## 4. Πρωτόκολλο επικοινωνίας RS232

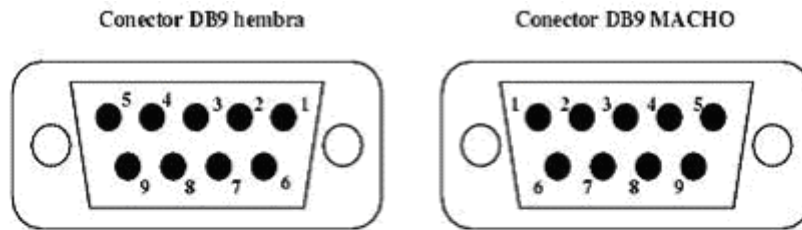
Το RS232 (Recommended Standard 232) είναι ένα πρότυπο για σειριακή μετάδοση δυαδικών σημάτων δεδομένων ( ένα bit τη φορά) μεταξύ ενός DTE (Data Terminal Equipment) και ενός DCE (Data Circuit Terminating Equipment). Συχνότερα χρησιμοποιείται στις σειριακές θύρες των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Τα χαρακτηριστικά του RS232, όπως η τάση λειτουργίας, ο αριθμός των pins κ.τ.λ., έχουν καθοριστεί από το Electronics Industry Association (EIA) και είναι ίδια για όλες τις εφαρμογές. Βέβαια, υπάρχουν και κάποια χαρακτηριστικά, όπως η μορφή κρυπτογράφησης των χαρακτήρων, ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων κ.α., τα οποία καθορίζονται από τον εκάστοτε χρήστη. Με το RS232, τα δεδομένα μεταδίδονται σειριακά, σε μορφή bits. Υποστηρίζει τη σύγχρονη επικοινωνία καθώς και την ασύγχρονη. Αυτό συμβαίνει επειδή τα κυκλώματα που χρησιμοποιούνται για την αποστολή και τη λήψη δεδομένων, είναι διαφορετικά. Έτσι μπορεί να γίνει και ταυτόχρονη ανταλλαγή δεδομένων (full duplex). Τα επίπεδα τάσης που διαχειρίζεται το πρωτόκολλο, τα διαχωρίζει σε λογικό ένα και λογικό μηδέν. Έγκυρα σήματα, θεωρεί σήματα αρνητικά ή θετικά από 3 έως 15 V, όμως συχνότερα χρησιμοποιούνται τα +12 V και -12V. Τα σήματα που είναι πολύ κοντά στο μηδέν, τα λαμβάνει ως λανθασμένα. Σαν λογικό ένα, αντιλαμβάνεται τις αρνητικές τάσεις, ενώ σαν λογικό μηδέν αντιλαμβάνεται τις θετικές. Στο σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζεται μία απλή μετάδοση του γράμματος j.



Σχήμα 4.1: Αντιστροφή της λογικής στάθμης, λογικό 1 είναι -12V, λογικό 0 είναι +12V



Τα δεδομένα μεταδίδονται σειριακά προς τη μία κατεύθυνση μέσω ενός ζεύγους καλωδίων. Το pin που χρησιμοποιείται για την απόστολή, ονομάζεται Tx και το pin της λήψης ονομάζεται Rx. Για αμφίδρομη μετάδοση, απαιτούνται το λιγότερο τρία καλώδια, ένα για την αποστολή, ένα για τη λήψη και ένα για τη γείωση. Η σύνδεση με την άλλη συσκευή πρέπει να γίνει σταυρωτά, δηλαδή το pin Tx της πρώτης συσκευής να συνδεθεί με το Rx της δεύτερης και αντίστοιχα το Rx της πρώτης με το Tx της δεύτερης.



**RS-232 side:**

- 2: RX**
- 3: TX**
- 4: DTR**
- 5: GND**
- 7: RTS**

Σχήμα 4.2: Σειριακή θύρα

9-pin RS-232 Pin-out	
PIN	DESIGNATION
1	Data Carrier Detect
2	Receive Data
3	Transmit Data
4	Data Terminal Ready
5	Signal Ground
6	Data Set Ready
7	Request to Send
8	Clear to Send
9	Ring Indicator

Σχήμα 4.3: Περιγραφή των pin

## 4.1 Ιστορία

Τα πρώτα DTEs ήταν ηλεκτρομηχανικά τηλέτυπα και τα πρώτα DCEs ήταν (συνήθως) μόντεμ. Όταν άρχισαν να χρησιμοποιούνται τερματικά, ήταν συχνά σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι συνδιαλέξιμα με τα τηλέτυπα, και έτσι υποστήριζαν το RS-232. Η αναθεώρηση C του προτύπου εκδόθηκε το 1969 για να προσαρμόσει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά αυτών των συσκευών στο πρότυπο.

Αφού η εφαρμογή σε συσκευές όπως υπολογιστές, εκτυπωτές, πειραματικά όργανα, και ούτω καθεξής δεν λαμβανόταν υπόψη από το πρότυπο, οι σχεδιαστές που υλοποιούσαν μια συμβατή με το RS-232 διεπαφή του εξοπλισμού τους συχνά ερμήνευαν τις απαιτήσεις ιδιόμορφα. Συχνά προβλήματα ήταν η μη πρότυπη απόδοση ακίδων των κυκλωμάτων στα βύσματα, και λανθασμένα ή απόντα σήματα ελέγχου. Η έλλειψη συνέπειας προς τα πρότυπα παρήγε μια ακμάζουσα βιομηχανία breakout κουτιών, κουτιών patch, δοκιμαστικού εξοπλισμού, βιβλίων, και άλλων βοηθημάτων για την σύνδεση αταίριαστων συσκευών. Μια κοινή απόκλιση από το πρότυπο ήταν η οδήγηση των σημάτων σε μειωμένο δυναμικό: το πρότυπο απαιτεί ο πομπός να χρησιμοποιεί +12 V και -12 V, αλλά απαιτεί από τον δέκτη να ξεχωρίζει δυναμικά μικρά όσο +3 V και -3 V. Μερικοί κατασκευαστές λοιπόν κατασκεύαζαν πομπούς οι οποίοι παρείχαν +5 V και -5 V αποκαλώντας τους «RS-232 συμβατούς».

Μεταγενέστεροι προσωπικοί υπολογιστές (και άλλες συσκευές) ξεκίνησαν να κάνουν χρήση του προτύπου ώστε να μπορούν να συνδέσουν υπάρχοντα εξοπλισμό. Για πολλά χρόνια, μια θύρα συμβατή με το RS-232 ήταν το χαρακτηριστικό γνώρισμα για τις σειριακές επικοινωνίες, όπως οι συνδέσεις μέσω μόντεμ, σε πολλούς υπολογιστές. Παρέμεινε σε ευρεία χρήση μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1990, και παρότι έχει σε μεγάλο βαθμό αντικατασταθεί από άλλα πρότυπα διεπαφής σε προϊόντα υπολογιστών, χρησιμοποιείται ακόμη για να συνδέσει παρωχημένα περιφερειακά, βιομηχανικό εξοπλισμό (όπως βασισμένο σε PLCs), και θύρες κονσόλας.

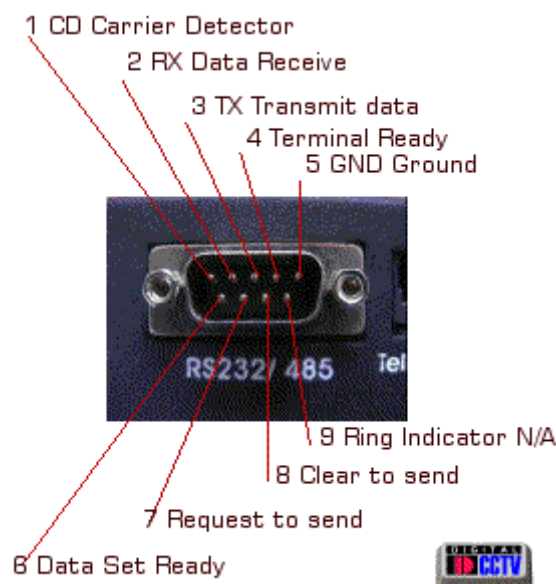
Το πρότυπο έχει μετονομαστεί αρκετές φορές στη διάρκεια της ιστορίας του καθώς ο εγγυητής οργανισμός άλλαζε το όνομά του, και έχει γίνει γνωστό ως EIA RS 232, EIA 232, και πιο πρόσφατα TIA 232. Το πρότυπο συνεχίζει να αναθεωρείται και να αναβαθμίζεται από την EIA και από το 1988 από την TIA. Η Αναθεώρηση C εκδόθηκε σε ένα έγγραφο τον Αύγουστο του 1969. Η Αναθεώρηση D εκδόθηκε το 1986. Η τρέχουσα αναθεώρηση είναι η *TIA-232-F Interface Between Data Terminal Equipment and Data Circuit-Terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange*, η οποία εκδόθηκε το 1997. Αλλαγές από την Αναθεώρηση C, στον χρονισμό και σε λεπτομέρειες, αποσκοπούσαν στο να βελτιώσουν την αρμονική συνεργασία με το CCITT πρότυπο V.24, αλλά ο εξοπλισμός που έχει κατασκευαστεί με το τρέχον πρότυπο συνεργάζεται με παλαιότερες εκδόσεις.

## 4.2 Εύρος ορισμού του προτύπου

Το πρότυπο RS-232-C της Electronics Industries Alliance (EIA) <sup>[1]</sup> του 1969 ορίζει:

- Χαρακτηριστικά ηλεκτρικών σημάτων όπως επίπεδα τάσης, ρυθμό μετάδοσης, χρονισμό και ρυθμό ανόδου των σημάτων, ανώτατο επίπεδο τάσης, συμπεριφορά σε βραχυκύκλωμα, μέγιστη παρασιτική χωρητικότητα και μήκος καλωδίου.
- Μηχανικά χαρακτηριστικά διεπαφής, συνδέσιμα βύσματα και προσδιορισμό ακίδων (pins).
- Λειτουργίες του κάθε κυκλώματος στο βύσμα διεπαφής.
- Τυποποιημένα υποσύνολα των κυκλωμάτων διεπαφής για επιλεγμένες τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές.
- Το πρότυπο δεν ορίζει στοιχεία όπως
  - κωδικοποίηση χαρακτήρων (για παράδειγμα, ASCII, Baudot ή EBCDIC)
  - τη διαμόρφωση των χαρακτήρων στη ροή δεδομένων (μπιτ ανά χαρακτήρα, μπιτ έναρξης/διακοπής, ισοτιμία)
  - πρωτόκολλα για εντοπισμό σφαλμάτων ή αλγόριθμους για συμπίεση δεδομένων.
  - ρυθμούς μπιτ για μετάδοση, αν και το πρότυπο αναφέρει ότι προορίζεται για ρυθμούς μπιτ μικρότερους από 20.000 μπιτ ανά δευτερόλεπτο. Πολλές μοντέρνες συσκευές υποστηρίζουν ταχύτητες 115.200 bps και άνω.
  - τροφοδοσία ρεύματος σε εξωτερικές συσκευές.

Λεπτομέρειες της διαμόρφωσης χαρακτήρων και του ρυθμού μετάδοσης μπιτ ελέγχονται από το υλικό της σειριακής θύρας, συχνά ένα μοναδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα, το UART, το οποίο μετατρέπει δεδομένα από παράλληλη σε σειριακή μορφή. Μια τυπική σειριακή θύρα περιλαμβάνει εξειδικευμένα ολοκληρωμένα κυκλώματα για τον οδηγό και το δέκτη, ώστε να μετατρέψει μεταξύ εσωτερικών λογικών επιπέδων και συμβατών με το RS-232 επιπέδων σήματος.



### 4.3 TM- RS232 Αισθητήρας Θερμοκρασίας

Το TM είναι ένα σειριακός αισθητήρας Θερμοκρασίας από  $-55^{\circ}\text{C}$  έως  $+125^{\circ}\text{C}$ . Οι μετρήσεις μεταφέρονται εύκολα σε ένα υπολογιστή μέσω μιάς θύρας COM (RS232). Πρωτόκολλο επικοινωνίας είναι το ascii και δεν χρειάζεται μεταροπή. Επίσης η τροφοδοσία γίνεται από την θύρα επικοινωνίας (Port powered). Το standard μήκος είναι τρία (3) μέτρα αλλά έχει τη δυνατότητα επέκτασης.



Σχήμα 4.4: Αισθητήρας θερμοκρασίας με ενσωματωμένη σειριακή θύρα

#### Technical parameters

Measurable range . . . . .	$-55$ to $+125^{\circ}\text{C}$
Accuracy . . . . .	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ within range from $-10^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$ and $\pm 2^{\circ}\text{C}$ outside of this range
Resolution . . . . .	$0,1^{\circ}\text{C}$
Operating temperature of electronic . . . . .	$-40$ to $+85^{\circ}\text{C}$
Communication . . . . .	ASCII, described below
Measurement speed . . . . .	the first measurement within 1 sec, subsequently once per 10 sec $\pm 2\%$
Communication line . . . . .	RS232 (simplified)
Communication parameters . . . . .	9600 Bd, 8 bits, 1 stop-bit, parity – none

*Περισσότερες πληροφορίες για την λειτουργία του αισθητήρα μπορούν να δοθούν μέσα από το datasheet που παρέχει η εταιρία.*

[http://plantron.gr/sites/plantron.gr/files/pdf/tm\\_en.pdf](http://plantron.gr/sites/plantron.gr/files/pdf/tm_en.pdf)

## 5. Εισαγωγή στις παράλληλες θύρες

Η παράλληλη θύρα είναι η συνηθέστερα χρησιμοποιημένη θύρα για τη διασύνδεση απλών εφαρμογών. Αυτή η θύρα θα επιτρέψει την εισαγωγή μέχρι 9 μπιτ ή την εξαγωγή 12 μπιτ σε οποιοδήποτε δεδομένο χρόνο, απαιτώντας κατά συνέπεια ελάχιστα εξωτερικά στοιχεία κυκλώματος για να εφαρμοστεί σε πολλές απλές εφαρμογές. Η θύρα αποτελείται από 4 γραμμές ελέγχου, 5 γραμμές κατάστασης και 8 γραμμές δεδομένων. Βρίσκεται συνήθως στο πίσω μέρος του PC ως D-type 25 θηλυκός σύνδεσμος. Μπορεί επίσης να υπάρξει ένας D-type 25 αρσενικός σύνδεσμος. Αυτή θα είναι όμως μια σειριακή θύρα RS-232 και έτσι, είναι ένας τελείως διαφορετικός τύπος θύρας.

Οι νεώτερες παράλληλες θύρες είναι τυποποιημένες κάτω από το IEEE 1284 πρότυπο που παρουσιάστηκε το 1994, Αυτό το πρότυπο καθορίζει 5 τρόπους λειτουργίας που είναι οι ακόλουθοι:

1. Compatibility Mode.
2. Nibble Mode. (Protocol not Described in this Document)
3. Byte Mode. (Protocol not Described in this Document)
4. EPP Mode (Enhanced Parallel Port).
5. ECP Mode (Extended Capabilities Port).

Ο στόχος ήταν να σχεδιαστούν νέοι οδηγοί και συσκευές που θα ήταν συμβατοί μεταξύ τους και προς τα πίσω συμβατοί στη διασύνδεση τους με μια τυποποιημένη παράλληλη θύρα(SSP).

Η λειτουργίες Compatibility, Nibble & Byte χρησιμοποιούν ακριβώς το τυποποιημένο διαθέσιμο υλικό στις αρχικές παράλληλες κάρτες ενώ οι λειτουργίες του EPP & ECP απαιτούν πρόσθετο υλικό που μπορεί να τρέξει με γρηγορότερες ταχύτητες, ενώ ακόμη όντας προς τα πίσω συμβατό με την τυποποιημένη παράλληλη θύρα.

Η λειτουργία Compatibility ή "Centronics" όπως είναι περισσότερο γνωστή, μπορεί μόνο να στείλει τα στοιχεία εμπρός με μια χαρακτηριστική ταχύτητα 50 kbyte ανά δευτερόλεπτο αλλά μπορεί να είναι και υψηλότερη όπως 150 + kbyte το δευτερόλεπτο. Προκειμένου να παραληφθούν τα στοιχεία, πρέπει να αλλάξετε σε λειτουργία nibble ή byte. Η λειτουργία nibble μπορεί να εισαγάγει (4 μπιτ) στην αντίστροφη κατεύθυνση. Π.χ. από τη συσκευή στον υπολογιστή. Η λειτουργία byte χρησιμοποιεί το αμφίδρομο χαρακτηριστικό γνώρισμα της παράλληλης (που βρίσκεται μόνο σε μερικές κάρτες) για να εισαγάγει μια ψηφιολέξη (8 μπιτ) στην αντίστροφη κατεύθυνση.

Οι παράλληλες EPP & ECP χρησιμοποιούν πρόσθετο υλικό για να παραγάγουν και να διαχειριστούν χειραψία(handshaking). Για να στείλετε ένα byte σε έναν εκτυπωτή (ή σε κάτι παρόμοιο) που χρησιμοποιεί την λειτουργία Compatibility, το λογισμικό πρέπει να κάνει τα εξής:

1. γράψτε το byte στη θύρα δεδομένων.
2. ελέγξτε για να δείτε αν ο εκτυπωτής είναι απασχολημένος. Εάν ο εκτυπωτής είναι απασχολημένος, δεν θα δεχτεί οποιαδήποτε στοιχεία, κατά συνέπεια οποιαδήποτε στοιχεία που γράφονται θα χαθούν.

3. κάντε το Strobe (pin 1) χαμηλό. Αυτό λέει στον εκτυπωτή ότι υπάρχει ένα σωστό στοιχείο όσον αφορά τις γραμμές δεδομένων. (pin 2-9)
4. κάντε το Strobe υψηλό πάλι αφού περιμένετε περίπου 5  $\mu$ S αφότου κάνατε το Strobe χαμηλό. (Βήμα 3)

Αυτό περιορίζει την ταχύτητα με την οποία η θύρα μπορεί να λειτουργήσει. Οι θύρες του EPP & ECP το προσπερνούν αυτό αφήνοντας τον έλεγχο στο υλικό για να δουν εάν ο εκτυπωτής είναι απασχολημένος και παράγουν ένα strobe ή/και μια κατάλληλη χειραψία. Αυτό σημαίνει ανάγκη για μόνο μια I/O οδηγία να εκτελεσθεί, αυξάνοντας κατά συνέπεια την ταχύτητα. Αυτές οι θύρες μπορούν να στείλουν περίπου 1-2 μεγαμπιτ ανά δευτερόλεπτο. Η θύρα ECP έχει επίσης το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιεί κανάλια DMA και buffers FIFO, κατά συνέπεια τα στοιχεία μπορούν να μεταφερθούν χωρίς τη χρησιμοποίηση των I/O οδηγιών.

## 5.1 Ιδιότητες υλικού

Στην επόμενη σελίδα είναι ένας πίνακας των "εξόδων" του D-type 25 συνδετήρα και το Centronics 34. Ο D-type 25 συνδετήρας είναι ο πιο κοινός συνδετήρας που βρίσκεται στις παράλληλες θύρες των υπολογιστών, ενώ ο συνδετήρας Centronics βρίσκεται συνήθως στους εκτυπωτές. Το IEEE 1284 πρότυπο εντούτοις διευκρινίζει 3 διαφορετικούς συνδετήρες για τη χρήση με την παράλληλη θύρα. Ο πρώτος, 1284 type A είναι ο d-type 25 συνδετήρας που βρίσκεται στο πίσω μέρος των περισσότερων υπολογιστών. Ο 2ος είναι ο 1284 type B που είναι ο συνδετήρας Centronics 36 pin που βρίσκεται στους περισσότερους εκτυπωτές.

Ο IEEE 1284 type C εντούτοις, είναι ένας συνδετήρας 36 αγωγών όπως το Centronics, αλλά μικρότερος. Αυτός ο συνδετήρας θεωρείται ότι έχει έναν καλύτερο σύρτη συνδετήρων (ασφαλίζει καλύτερα), καλύτερες ηλεκτρικές ιδιότητες και είναι ευκολότερος να κατασκευαστεί. Περιέχει επίσης δύο περισσότερα pin για σήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δουν εάν η άλλη συσκευή που συνδέθηκε, έχει τάση. Οι συνδετήρες type C συστήνονται για νέα σχέδια, έτσι μπορούμε να βρούμε αυτούς τους νέους συνδετήρες στις νέες συσκευές.

Pin No (D-Type 25)	Pin No (Centronics)	SPP Signal	Direction In/out	Register	Hardware Inverted
1	1	nStrobe	In/Out	Control	Yes
2	2	Data 0	Out	Data	
3	3	Data 1	Out	Data	
4	4	Data 2	Out	Data	
5	5	Data 3	Out	Data	
6	6	Data 4	Out	Data	
7	7	Data 5	Out	Data	
8	8	Data 6	Out	Data	
9	9	Data 7	Out	Data	
10	10	nAck	In	Status	
11	11	Busy	In	Status	Yes
12	12	Paper-Out PaperEnd	In	Status	
13	13	Select	In	Status	
14	14	nAuto-Linefeed	In/Out	Control	Yes
15	32	nError / nFault	In	Status	
16	31	nInitialize	In/Out	Control	
17	36	nSelect-Printer nSelect-In	In/Out	Control	Yes
18 - 25	19-30	Ground	Gnd		

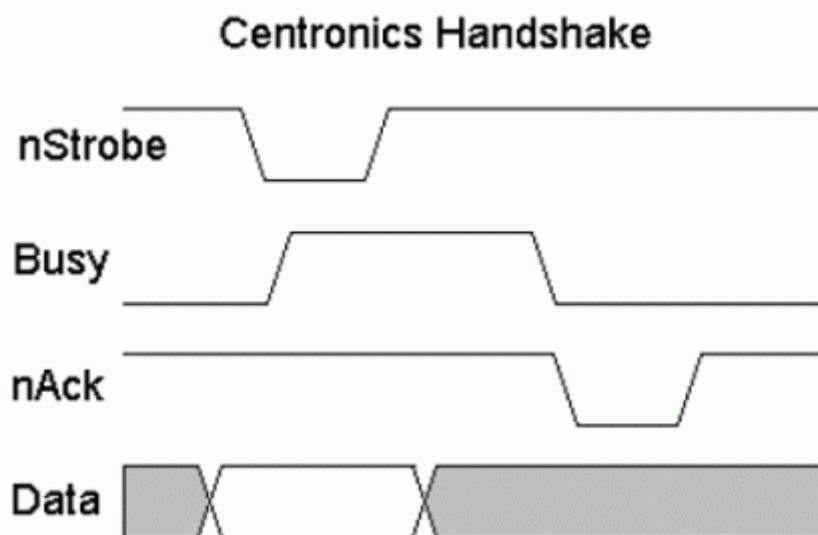
Table 1. Pin Assignments of the D-Type 25 pin Parallel Port Connector.

Ο ανωτέρω πίνακας χρησιμοποιεί το "n" μπροστά από το όνομα σημάτων για να δείξει ότι το σήμα είναι ενεργό στο χαμηλό π.χ. nError. Εάν ο εκτυπωτής έχει εμφανίσει ένα λάθος αυτή η γραμμή είναι χαμηλή. Αυτή η γραμμή είναι κανονικά υψηλή, εάν λειτουργεί σωστά ο εκτυπωτής. Το " Hardware Inverted" σημαίνει ότι το σήμα αναστρέφεται από το υλικό της παράλληλης κάρτας. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η Busy γραμμή. Εάν + 5v (ή Logic 1) εφαρμοστεί σε αυτό το pin και το Status register read, θα επιστρέψει 0 στο bit 0 του Status Register.

Η έξοδοι των παράλληλων θυρών είναι κανονικά επίπεδα λογικής TTL. Το επίπεδο τάσης είναι το εύκολο μέρος. Το ρεύμα που μπορεί να βυθίσει και να στείλει ποικίλλει από θύρα σε θύρα. Οι περισσότερες παράλληλες θύρες υλοποιούνται σε ASIC, μπορούν να τραβήξουν και να στείλουν γύρω στα 12mA. Εντούτοις αυτοί είναι μερικοί από τους αριθμούς που λαμβάνονται από τα φύλλα δεδομένων, sink/source 6mA, source 12mA/ sink 20mA, sink 16mA/ source 4mA, sink / source 12mA. Όπως μπορείτε να δείτε ποικίλλουν αρκετά. Η καλύτερη περίπτωση είναι να χρησιμοποιηθεί ένας buffer, έτσι ώστε να απαιτείτε ελάχιστο ρεύμα από την θύρα .

## 5.2 Centronics

Το Centronics είναι ένα «νέο» πρότυπο για τη μεταφορά των δεδομένων από τον host (PC) στον εκτυπωτή. Η πλειοψηφία των εκτυπωτών χρησιμοποιεί αυτήν την χειραψία(handshake). Αυτή η χειραψία εφαρμόζεται κανονικά χρησιμοποιώντας μια τυπική παράλληλη θύρα με έλεγχο λογισμικού. Παρακάτω είναι ένα απλουστευμένο διάγραμμα του πρωτοκόλλου "Centronics".



Σχήμα 5.1: Διάγραμμα πρωτοκόλλου Centronics

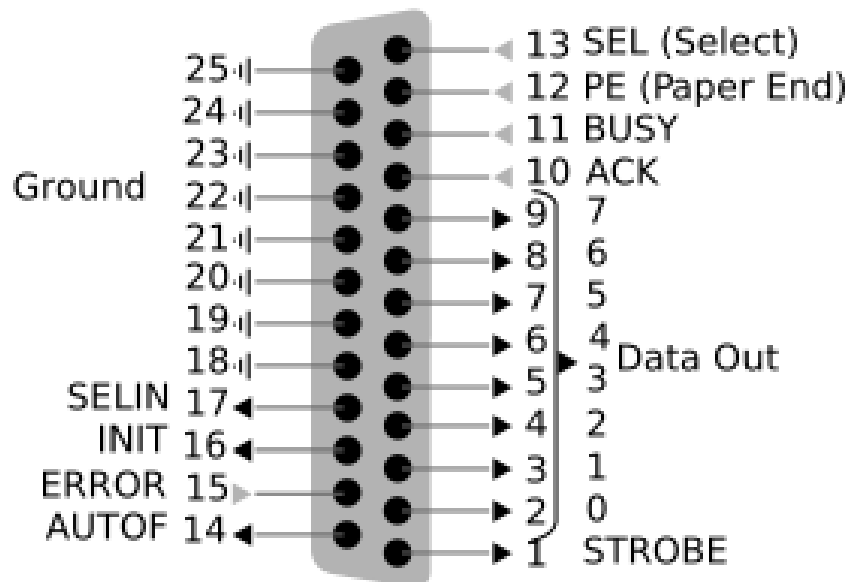
Το δεδομένα στέλνονται αρχικά στα pin 2 έως 7. Ο host ελέγχει έπειτα για να δει εάν ο εκτυπωτής είναι απασχολημένος δηλ. η busy γραμμή πρέπει να είναι χαμηλή. Το πρόγραμμα βεβαιώνει έπειτα με το strobe, περιμένει ένα ελάχιστο 1μS και ξανααλλάζει έπειτα το strobe. Τα δεδομένα διαβάζονται κανονικά από τον εκτυπωτή/περιφερειακό στην ανερχόμενη παρυφή του strobe. Ο εκτυπωτής θα δείξει

ότι είναι απασχολημένος με την επεξεργασία των δεδομένων μέσω της busy γραμμής. Μόλις δεχτεί ο εκτυπωτής τα δεδομένα, θα επιβεβαιώσει το byte με έναν αρνητικό παλμό για 5μS στη γραμμή nAck.

Αρκετά συχνά ο host θα αγνοήσει τη γραμμή nAck για να κερδίσει χρόνο. Αργότερα στο Extended Capabilities Port, θα δείτε έναν γρήγορο τρόπο Centronics, ο οποίος αφήνει το υλικό να κάνει όλη τη χειραψία για σας. Το μόνο που ο προγραμματιστής πρέπει να κάνει είναι γράφει το byte των δεδομένων στην I/O θύρα. Το υλικό θα ελέγξει για να δει εάν ο εκτυπωτής είναι ασχολημένος και παράγει το strobe. Σημειώστε ότι αυτός ο τρόπος συνήθως δεν ελέγχει το nAck.



Σχήμα 5.2: “Αρσενική” και “θηλυκή” παράλληλη θύρα



Σχήμα 5.3: Pin-out παράλληλης θύρας



## 6. Labview

### 6.1 Εισαγωγή στο Labview

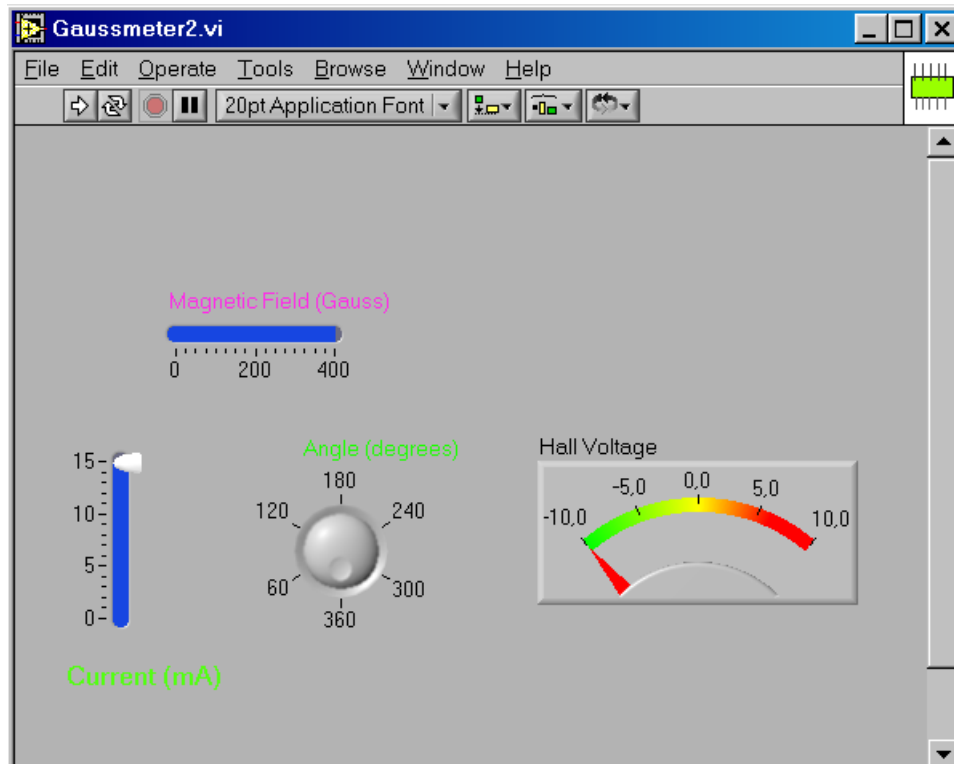
Το LabView είναι η πιο κομψή και δυνατή γλώσσα προγραμματισμού για τη συλλογή δεδομένων, την ανάλυση δεδομένων, την προσομοίωση και τον έλεγχο οργάνων και μετρήσεων μέσω υπολογιστή. Στηρίζεται στον γραφικό προγραμματισμό μέσω αντικειμένων και αποτελεί ένα καλό παράδειγμα του «αντικειμενοστραφή προγραμματισμού» (object oriented programming). Αυτός ο όρος χρησιμοποιείται στην πληροφορική σε αντιδιαστολή με τον λεγόμενο «προγραμματισμό διαδικασιών», όπου ο προγραμματιστής γράφει κώδικα εντολών που εκτελούνται με γραμμική διαδοχή. Στο γραφικό περιβάλλον του LabView ο προγραμματιστής δεν χειρίζεται κώδικα, αλλά γραφικά αντικείμενα, όπως κουμπιά, ενδείκτες, οθόνες ή τετραγωνίδια που παριστάνουν συναρτήσεις ή εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες με τη μορφή υπορουτινών. Αυτά τα εικονίδια έχουν εισόδους και εξόδους και επιδέχονται προγραμματισμό των ιδιοτήτων τους.

Το όνομα LabView είναι το ακρωνύμιο των λέξεων «Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench» (Σχεδιαστήριο για την Κατασκευή Εργαστηριακών Εικονικών Οργάνων) και αναπτύχθηκε κατά το τέλος της δεκαετίας του 80 από την εταιρία National Instruments (βλέπε [www.ni.com](http://www.ni.com)). Η εταιρία αυτή ειδικεύεται σε συστήματα συλλογής δεδομένων, σε αισθητήρες, αυτοματισμούς και λογισμικό μετρήσεων και ελέγχου.

Προγραμματίζοντας με τα αντικείμενα που μας δίνει το περιβάλλον του LabView δημιουργούμε τα λεγόμενα «εικονικά όργανα» (Virtual Instruments ή απλώς VIs). Η γραφική γλώσσα που χρησιμοποιεί το LabView για τον προγραμματισμό και τη δημιουργία εικονικών οργάνων ονομάζεται γλώσσα G. Είναι πάντως δυνατό να χρησιμοποιήσει κανείς το LabView σε απλό επίπεδο, χρησιμοποιώντας έτοιμα εικονικά όργανα, χωρίς να μπαίνει σε λεπτομέρειες με τη γλώσσα G.

Στα σχήματα της επόμενης σελίδας παρουσιάζονται δύο απλά εικονικά όργανα που κατασκευάστηκαν με το γραφικό περιβάλλον LabView. Βλέπουμε ότι περιλαμβάνουν διάφορους μεταβολείς, ενδείκτες, οθόνες καταγραφής, κουμπιά επιλογής τιμών κλπ.

Ένα εικονικό όργανο μπορεί να προσομοιώνει απλώς μια λειτουργία και να την παρουσιάζει στην οθόνη του υπολογιστή, για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Όμως, είναι δυνατό να συνδέεται με τις θύρες εισόδου/εξόδου του υπολογιστή ή με επιπρόσθετες κάρτες επέκτασης, προκειμένου να κάνει πραγματική εισαγωγή ή εξαγωγή δεδομένων. Στην περίπτωση αυτή ο υπολογιστής με τη βοήθεια των εισόδων και των εξόδων μετατρέπεται σε ένα ισχυρό εργαλείο μετρήσεων, με πολλές δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων.



Σχήμα 6.1: Εικονικός μετρητής μαγνητικού πεδίου

## 6.2 Κάρτα συλλογή δεδομένων NI USB-6009

Η κάρτα NI USB-6009 είναι μια usb κάρτα συλλογής μετρήσεων (DAQ, Data Acquisition) και ελέγχου με αναλογικές και ψηφιακές εισόδους και εξόδους. Η τιμή της είναι περίπου 300€, ενώ μια φθηνότερη λύση είναι η παρόμοια αλλά απλούστερη κάρτα NI USB-6008 3 .



Σχήμα 6.2 Κάρτα συλλογής δεδομένων NI USB-6009

Συνοπτικά, τα χαρακτηριστικά της κάρτας NI USB-6009 είναι:

- Analog input (AI): 8 inputs with referenced single ended signal coupling or 4 inputs with differential signal coupling. Software-configurable voltage ranges:  $\pm 20V$ ,  $\pm 10V$ ,  $\pm 5V$ ,  $\pm 4V$ ,  $\pm 2.5V$ ,  $\pm 2V$ ,  $\pm 1.25V$ ,  $\pm 1V$ . Max sampling rate is 48kS/s (48000 samples per second). 14 bits AD converter.
- Analog output (AO): 2 outputs. Voltage range is 0 - 5V (fixed). Output rate is 150Hz (samples/second). 12 bits DA converter.
- Digital input (DI) and digital output (DO): 12 channels which can be used as either DI or DO (configured individually). These 12 channels are organized in ports, with Port 0 having lines 0, ..., 7, and Port 1 having lines 0, ..., 3. Input low is between -0.3V and +0.8V. Input high is between 2.0V and +5.8V. Output low is below 0.8V. Output high is above 2V (with open-drain and push-pull as options).
- Counter: 32 bits. Counting on falling edge.
- On-board voltage sources (available at individual terminals): 2.5V and 5.0V
- Power: USB-6009 is powered via the USB cable.
- Configuring and testing: USB-6009 can be configured and tested using MAX (Measurement and Automation Explorer) 4.0, which is installed with NI-DAQ 8.0<sup>7</sup>.
- Application software: LabVIEW, C, or Visual Studio. Platforms: Windows, Mac, Linux.

## **7. Διασύνδεση μέσω GPIB**

### **7.1 Γενικά**

Το πρωτόκολλο ANSI /IEEE 488– 1987 ή αλλιώς GPIB (General Purpose Interface Bus) περιγράφει ένα πρότυπο interface για την επικοινωνία μεταξύ οργάνων και ελεγκτών από όργανα διάφορων εταιρειών. Περιέχει πληροφορίες σχετικά με τις ηλεκτρικές, μηχανικές και λειτουργικές προδιαγραφές των οργάνων. Το GPIB είναι ένα ψηφιακό, παράλληλο 8 bits interface επικοινωνίας με ρυθμό μετάδοσης δεδομένων της τάξης του 1 MBps ή υψηλότερο που χρησιμοποιεί «χειραψία» (handshaking) τριών καλωδίων. Ο αγωγός υποστηρίζει έναν ελεγκτή του συστήματος, που είναι συνήθως ένας υπολογιστής, και ως 14 ελεγχόμενα όργανα. Το πρωτόκολλο ANSI/IEE 488.1–1992 αποτελεί επέκταση του αντίστοιχου πρωτοκόλλου του 1987. Η επέκταση συνίσταται κυρίως στον καθορισμό ενός πρωτοκόλλου επικοινωνίας αγωγού, ενός κοινού συνόλου κωδικών δεδομένων και διαμορφώσεων καθώς και ένα ενγενές σύνολο από κοινές εντολές συσκευών.

### **7.2 Talkers Listeners and Controllers**

Οι συσκευές GPIB μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε Talkers, Listeners and Controllers ανάλογα με τη λειτουργία που εκτελούν στο δίκτυο των οργάνων. Ο Talker απλά στέλνει μηνύματα δεδομένων. Οι Listeners απλά δέχονται δεδομένα. Ο Controller, συνήθως ένας υπολογιστής, ελέγχει τη ροή των δεδομένων στον αγωγό, καθορίζει μία σύνδεση επικοινωνίας και στέλνει τις GPIB εντολές στο όργανο. Μερικές συσκευές είναι ικανές να έχουν περισσότερους από έναν ρόλους. Ένα ψηφιακό πολύμετρο, για παράδειγμα, μπορεί να είναι και Talker και Listener. Εάν το σύστημα έχει ένα GPIB Interface της National Instruments, δηλαδή μία GPIB έξοδο, μπορεί να λειτουργήσει ταυτόχρονα σαν Talker, Listener and Controller.

### **7.3 Επικεφαλής Controller και Controller Συστήματος**

Στο GPIB είναι δυνατόν να υπάρχουν πολλαπλοί Controllers, αλλά μόνο ένας τη φορά μπορεί να είναι ενεργός ή αλλιώς επικεφαλής. Ο έλεγχος μπορεί να περάσει από τον τρέχοντα σε έναν αδρανή Controller, αλλά μόνο ο επικεφαλής ελεγκτής, συνήθως ένα GPIB interface, μπορεί να θέσει τον εαυτό του επικεφαλής.

## 7.4 Στοιχεία του υλικού

Το GPIB είναι ένας αγωγός 24 παράλληλων pins. Αποτελείται από 8 γραμμές δεδομένων (DIO 1-8), πέντε γραμμές διαχείρισης των γραμμών (EOI, IFC, SRQ, ATN, REN), τρεις γραμμές χειραψίας (DAV, NRDF, NDAC) και οκτώ γραμμές γείωσης. Χρησιμοποιεί ένα σχέδιο μεταφοράς δεδομένων 8 bits, ασύγχρονο και byte-serial. Αυτό σημαίνει ότι ολόκληρα bytes ανταλλάσσονται σειριακά κατά μήκος του αγωγού με μία ταχύτητα, που καθορίζεται από το πιο αργό στη σειρά όργανο. Επειδή η μονάδα των δεδομένων στο GPIB είναι το byte τα μηνύματα που μεταφέρονται κωδικοποιούνται σαν ASCII χαρακτήρες. Επιπρόσθετες ηλεκτρικές προδιαγραφές επιτρέπουν στα δεδομένα να μεταφερθούν με ταχύτητα 1 MBps, αφού το GPIB είναι ένα σύστημα γραμμής μεταφοράς. Οι προδιαγραφές αυτές είναι :

- Μία μέγιστη απόσταση ανάμεσα σε δύο συσκευές που δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 4m ενώ η μέση απόσταση μεταξύ δύο συσκευών σε όλο τον άξονα θα πρέπει να είναι περίπου 2m.
- Μέγιστο μήκος καλωδίου 20m.
- Μέγιστος αριθμός συσκευών που είναι ενωμένες σε κάθε αγωγό ίσος με 15, με τουλάχιστον τα 2/3 αυτών ανοικτά.

Σε περίπτωση υπέρβασης των παραπάνω ορίων πρέπει να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικό υλικό για προέκταση των καλωδίων των αγωγών ή του μεγίστου επιτρεπόμενου αριθμού συσκευών. Ταχύτερα δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν πάνω από HS488 συσκευές και ελεγκτές.



Σχήμα 7.1: Θύρα GPIB της εταιρίας NI

## **8. Βιβλιογραφία**

[1] ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΟΥΖΗΣ, “ Μετάδοση Δεδομένων Μέσω Του Πρωτοκόλλου I2C”, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, Αθήνα, Ιούnius 2005

[2] <<http://el.wikipedia.org/wiki/USB>>

[3] <<http://www.best-microcontroller-projects.com/how-rs232-works.html>>

[4] <<http://www.mechatronics.gr/el/rd/10-interfacing-the-parallel-port.html>>

[5] ΣΕΡΓΟΥΝΙΩΤΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, “ ΈΛΕΓΧΟΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ LABVIEW ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ”, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2005

[6] Κωνσταντίνος Καλοβρέκτης, “Αισθητήρες Μέτρησης και Ελέγχου”, Εκδόσεις Τζιόλα, 2012