



# Datalogger programming and sensors connection - advanced course

Parte 2: Acquisizione con Datalogger

**Michele Mattioni, Simone Sabbatini,**  
Tiziano Sorgi

**IR0000032 – ITINERIS, Italian Integrated Environmental Research Infrastructures System**  
(D.D. n. 130/2022 - CUP B53C22002150006) Funded by EU - Next Generation EU PNRR-  
Mission 4 “Education and Research” - Component 2: “From research to business” - Investment  
3.1: “Fund for the realisation of an integrated system of research and innovation infrastructures”



## 2 Acquisizione con datalogger

### Segnali analogici

- Differenza di potenziale
- Corrente elettrica
- Resistenza elettrica
- Impulsi/Frequenza

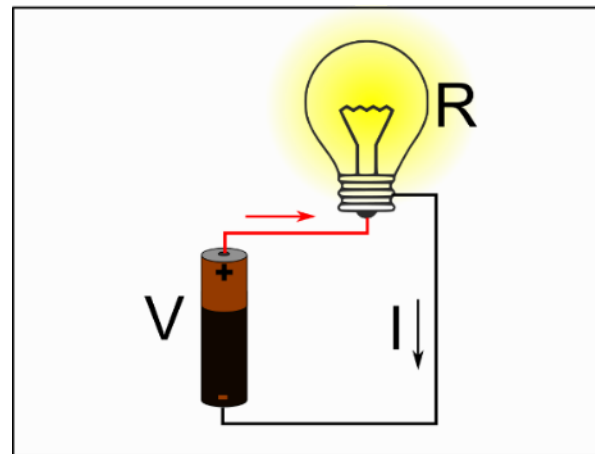
### Protocolli digitali

- RS232
- RS485/RS422
- SDI-12

## 2 Acquisizione con datalogger

### Elettricità

- L'elettricità è al centro della nostra vita quotidiana
- Vediamo due concetti chiave: la **Differenza di Potenziale** (d.d.p. o Tensione) e la **Corrente Elettrica**
- Capiremo come sono interconnesse e perché sono così importanti

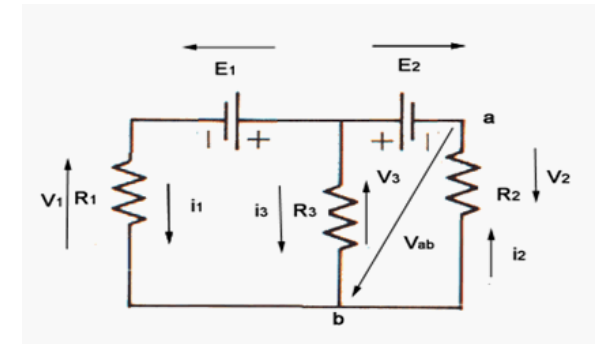


## 2 Acquisizione con datalogger

### Differenza di Potenziale

Immaginate due serbatoi d'acqua posti a diverse altezze. La differenza di altezza genera una "pressione" che spinge l'acqua a scorrere da quello più alto a quello più basso. Nell'elettricità, avviene qualcosa di simile...

- La **Differenza di Potenziale** (simbolo  $V$ ), detta anche Tensione elettrica o Voltaggio, è la forza che spinge le cariche elettriche
- Rappresenta l'energia potenziale elettrica per unità di carica tra due punti di un circuito
- Unità di misura: **Volt (V)**

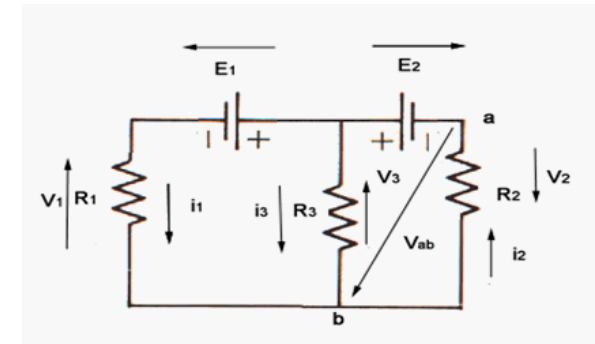


## 2 Acquisizione con datalogger

### Corrente Elettrica

Tornando all'esempio idraulico, una volta collegati i serbatoi con un tubo, l'acqua inizia a scorrere. Questo movimento dell'acqua è l'equivalente del flusso di cariche elettriche

- La **Corrente Elettrica** (simbolo  $I$ ) è il flusso ordinato di cariche elettriche (elettroni) attraverso un conduttore
- Misura quanta carica attraversa una sezione del conduttore in una data unità di tempo
- Unità di misura: Ampere (A)



## 2 Acquisizione con datalogger

### Misurare Tensione e Corrente

- **Misurazione della Tensione:**

- Strumento: **Multimetro** (Voltmetro)
- Utilizzo: **In parallelo** al componente o al punto di cui si vuole misurare la d.d.p.

- **Misurazione della Corrente:**

- Strumento: **Multimetro** (Amperometro)
- Utilizzo: **In serie** al circuito (la corrente deve fluire attraverso lo strumento di misura)



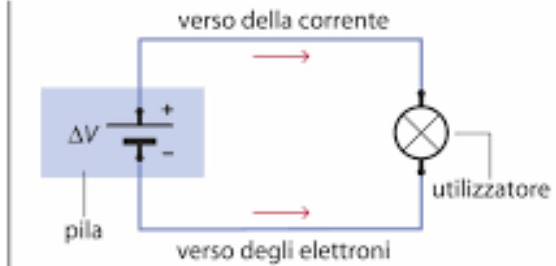
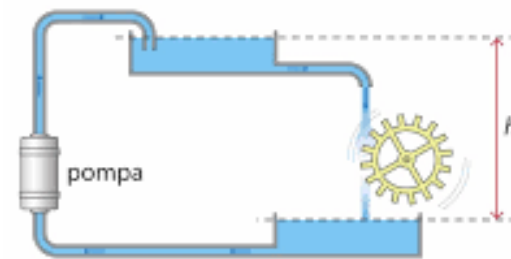
## 2 Acquisizione con datalogger

### Analogie

Differenza di Potenziale (Volt) ➡ Pressione dell'acqua / Differenza di altezza tra serbatoi

Corrente (Ampere) ➡ Flusso d'acqua nel tubo

Resistenza (Ohm) ➡ Restringimento nel tubo



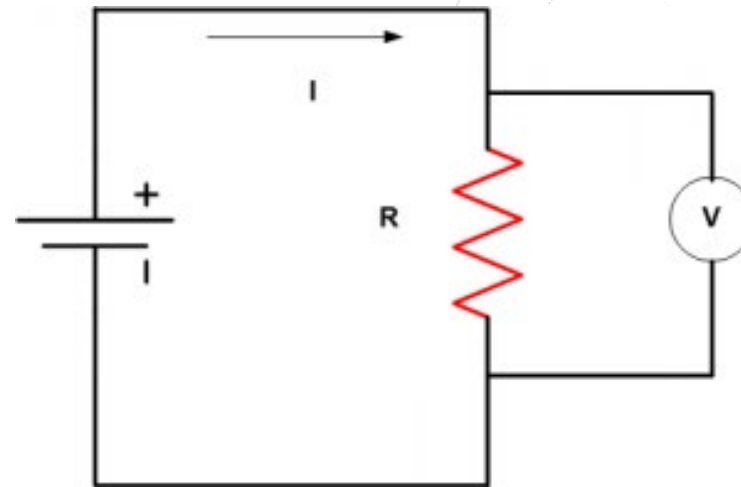
## 2 Acquisizione con datalogger

### Legge di Ohm

La **Legge di Ohm** è la relazione tra tensione, corrente e resistenza

- **Formula:**  $V = R \times I$

- **V: Tensione** (Volt)
- **R: Resistenza** (Ohm,  $\Omega$ )
- **I: Corrente** (Ampere)

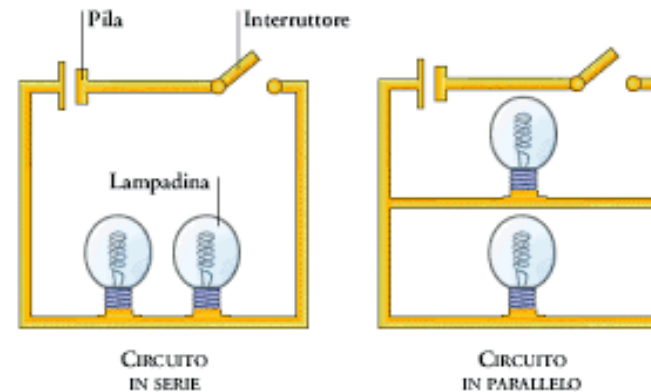
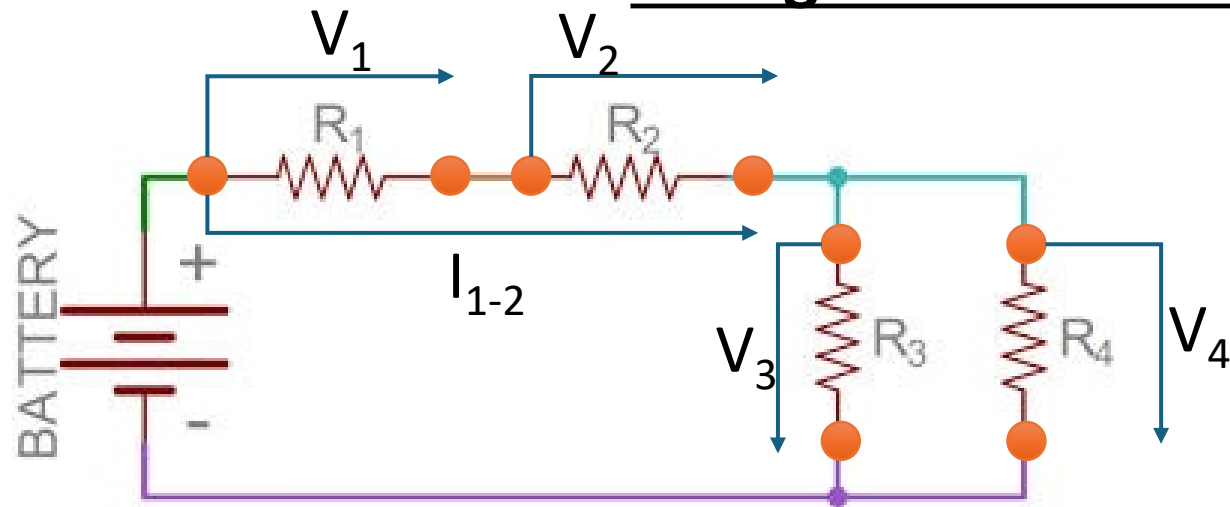


- **Implicazioni:**

- A parità di resistenza, **maggiore è la tensione, maggiore sarà la corrente**
- A parità di tensione, **maggiore è la resistenza, minore sarà la corrente**

## 2 Acquisizione con datalogger

### Collegamento: serie e parallelo



## 2 Acquisizione con datalogger

### Punti chiave da ricordare

- La **Tensione** è la **forza** che muove le cariche
- La **Corrente** è il **flusso effettivo** di cariche
- La relazione che la Tensione alla Corrente è la **Legge di Ohm** ( $V=R \times I$ )

Questi concetti sono la base di qualsiasi applicazione nel mondo dell'elettricità e dell'elettronica

## 2 Acquisizione con datalogger

### La Resistenza Elettrica

- Abbiamo parlato di **Tensione** (pressione) e **Corrente** (il flusso)
- Cosa succede quando la corrente incontra un ostacolo?
  - Entra in gioco la **Resistenza Elettrica**
  - È un concetto fondamentale per capire come funzionano i circuiti



### La Resistenza Elettrica

- La **Resistenza Elettrica** (simbolo  $R$ ) è la misura dell'**opposizione di un materiale al passaggio della corrente elettrica**
- In pratica, indica quanto "difficile" è per gli elettroni fluire attraverso un componente o un materiale
- Più alta è la resistenza, più difficile è per la corrente fluire (a parità di tensione)
- **Unità di misura: Ohm** (simbolo  $\Omega$ , la lettera greca "Omega")

## 2 Acquisizione con datalogger

### La Resistenza Elettrica

Riprendiamo l'analogia dell'acqua:

- La **tensione** era la pressione
- La **corrente** era il flusso
- La **resistenza** è come un **rubinetto parzialmente chiuso** o un **tubo più stretto**:  
limita il flusso d'acqua anche se c'è pressione

## 2 Acquisizione con datalogger

### La Resistenza Elettrica

La Resistenza è un componente chiave nella **Legge di Ohm**, che lega tensione, corrente e resistenza

- **Formula:**  $V=R \times I$ 
  - Da cui possiamo ricavare la resistenza:  $R= V/I$
- **Punti chiave:**
  - Se conosciamo la tensione applicata e la corrente che scorre, possiamo calcolare la resistenza.
  - **Maggiore è la resistenza, minore sarà la corrente** (a parità di tensione)
  - **Minore è la resistenza, maggiore sarà la corrente** (a parità di tensione)

## 2 Acquisizione con datalogger

### La Resistenza Elettrica

Cosa Determina la Resistenza di un Materiale?

- **Tipo di materiale (Resistività -  $\rho$ ):** Alcuni materiali conducono meglio di altri (es. oro vs rame). Ogni materiale ha una sua resistività intrinseca
- **Lunghezza del conduttore (L):** Più un conduttore è lungo, maggiore è la sua resistenza (più "strada" per gli elettroni)
- **Area della sezione trasversale (A):** Più un conduttore è spesso, minore è la sua resistenza (più "spazio" per gli elettroni)
- **Temperatura:** Per la maggior parte dei materiali, la resistenza aumenta con l'aumentare della temperatura
- **Formula:**  $R = \rho \times L / A$

## 2 Acquisizione con datalogger

### Impulsi e frequenza

- Nel mondo dell'elettronica e delle telecomunicazioni, le informazioni viaggiano sotto forma di **segnali**
- Esistono diversi tipi di segnali, ciascuno con caratteristiche uniche
- Ci concentreremo su due categorie importanti: i **segnali a impulsi** e i **segnali a frequenza**
- Capire le loro differenze è cruciale per molte applicazioni

## 2 Acquisizione con datalogger

### Impulsi e frequenza

- Un **segnale** è una grandezza fisica (es. tensione, corrente, pressione) che varia nel tempo e porta informazioni
- Possono essere **analogici** (continui nel tempo e in ampiezza) o **digitali** (discreti nel tempo e/o in ampiezza)
- La rappresentazione comune di un segnale è un grafico dell'ampiezza in funzione del tempo

## 2 Acquisizione con datalogger

### Impulsi

- Un **segnale a impulsi** è caratterizzato da variazioni rapide tra due (o più) stati discreti, tipicamente "alto" (On) e "basso" (Off)
- La forma più comune è l'**onda quadra** o **rettangolare**
- Sono la base dell'**elettronica digitale** e della **comunicazione digitale**
- Caratteristiche importanti: **ampiezza**, **durata dell'impulso** (o larghezza), **periodo** e **Duty Cycle**

## 2 Acquisizione con datalogger

### Caratteristiche dei Segnali a Impulsi

- **Ampiezza:** Il livello di "alto" (es. 5V) e "basso" (es. 0V)
- **Durata dell'Impulso (tw):** Quanto tempo il segnale rimane nello stato "alto"
- **Periodo (T):** Il tempo necessario affinché il segnale si ripeta completamente
- **Frequenza (f):** Il numero di impulsi al secondo ( $f=1/T$ )

## 2 Acquisizione con datalogger

### Segnali in frequenza

- Un **segnale a frequenza** (o **onda sinusoidale**) è una forma d'onda continua e periodica che varia dolcemente nel tempo
- È la forma d'onda fondamentale per la descrizione di fenomeni oscillatori (es. onde sonore, corrente alternata)
- Rappresenta il cuore della **comunicazione analogica** e di molti segnali naturali
- Caratteristiche importanti: **ampiezza, frequenza, periodo e fase**

### Caratteristiche dei Segnali a Frequenza

- **Ampiezza:** Il valore massimo raggiunto dal segnale rispetto allo zero (o valore picco-picco)
- **Periodo (T):** Il tempo necessario affinché l'onda completi un ciclo intero e si ripeta
- **Frequenza (f):** Il numero di cicli completi al secondo. Misurata in **Hertz (Hz)** ( $f=1/T$ )
- **Fase ( $\phi$ ):** Indica la posizione dell'onda rispetto a un punto di riferimento in un dato istante (es.  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ )

### Introduzione alla Comunicazione Seriale

Cos'è la Comunicazione Seriale?

- **Definizione:** Trasmissione di dati un bit alla volta, in sequenza, su un'unica linea
- Contrasto con la comunicazione parallela (invio di bit contemporaneamente)
- Vantaggi: Minore complessità dei cavi, efficienza su lunghe distanze

## 2 Acquisizione con datalogger

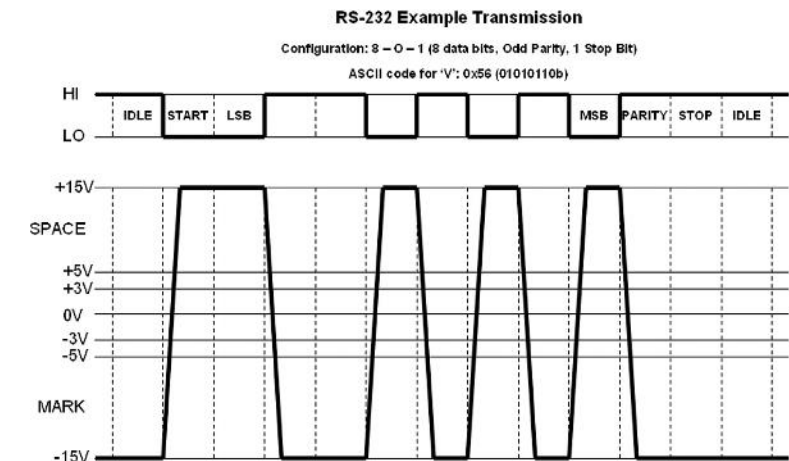
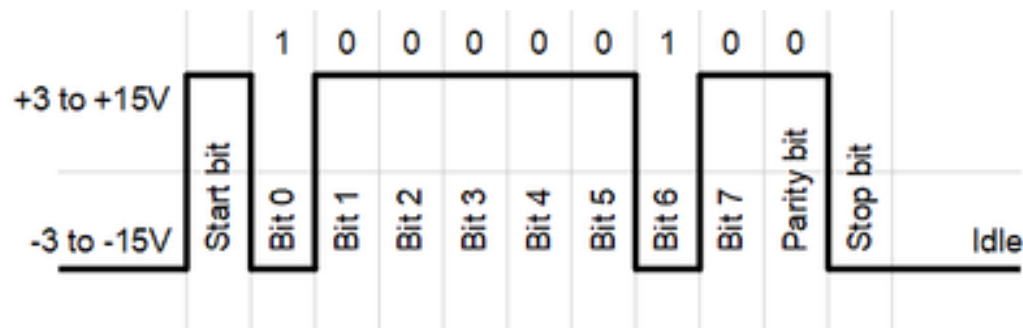
### RS-232

- **Significato di RS-232:** Recommended Standard 232
- Nato negli anni '60 per la comunicazione tra DTE (Data Terminal Equipment, es. computer) e DCE (Data Communication Equipment, es. modem)
- Ancora oggi utilizzato in settori come strumentazione, automazione industriale, sistemi embedded...
- È uno standard asincrono e punto-punto

## 2 Acquisizione con datalogger

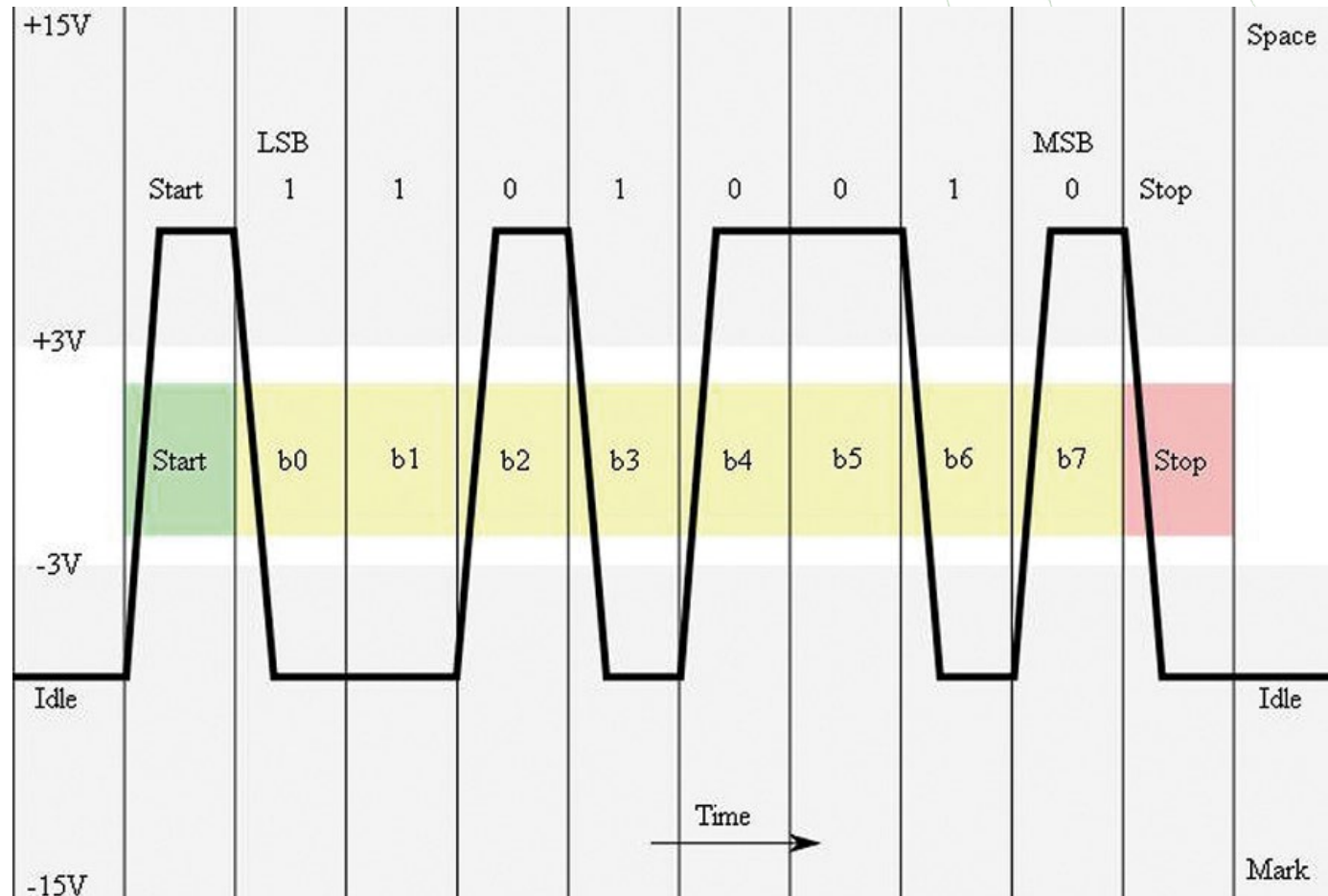
### RS-232

- Definizione dei livelli di tensione per rappresentare i bit:
  - Logica '0' (SPACE): Tensione positiva (+3V a +15V)
  - Logica '1' (MARK): Tensione negativa (-3V a -15V)
  - Zona indefinita tra -3V e +3V
- Differenza dai livelli logici TTL/CMOS (5V o 3.3V) e necessità di convertitori



## 2 Acquisizione con datalogger

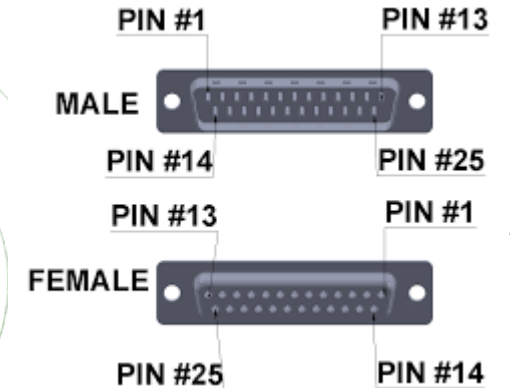
### RS-232



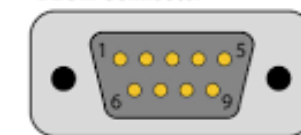
## 2 Acquisizione con datalogger

### RS-232

- **DB-25:** Il connettore originale a 25 pin
- **DB-9:** Il più comune oggi a 9 pin
- Pin principali (DB-9):
  - Pin 2: RXD (Receive Data)
  - Pin 3: TXD (Transmit Data)
  - Pin 5: GND (Ground)



DB9M Connector



RS232 Pin Out

Pin #	Signal
1	DCD
2	RX
3	TX
4	DTR
5	GND
6	DSR
7	RTS
8	CTS
9	RI

## 2 Acquisizione con datalogger

### RS-232

Parametri per la comunicazione:

- **Baud Rate (Velocità):** Numero di simboli al secondo (es. 9600, 115200)
- **Data Bits:** Numero di bit per carattere (solitamente 7 o 8)
- **Parity (Parità):** Meccanismo di controllo errori semplice (None, Even, Odd)
- **Stop Bits:** Indicano la fine di un carattere (1 o 2)
- Esempio di configurazione comune: **9600, 8, N, 1**

## 2 Acquisizione con datalogger

### RS-232

#### Pro e Contro dell'RS-232

- **Vantaggi:**
  - Robusto su brevi distanze
  - Ampia compatibilità con dispositivi legacy
- **Svantaggi:**
  - Velocità limitata rispetto agli standard moderni
  - Distanza limitata (max 15 metri senza amplificatori)
  - Comunicazione solo punto-punto
  - Non immune al rumore su lunghe distanze (richiede cavi schermati)

## 2 Acquisizione con datalogger

### RS-485/RS-422

#### **Limiti protocollo RS-232:**

- comunicazione punto-punto
- distanza max 15m
- suscettibilità al rumore

#### **Necessità di standard per applicazioni industriali e su lunghe distanze:**

- Maggiore immunità al rumore
- Distanze più elevate
- Capacità multi-punto (connessioni di più dispositivi sullo stesso bus)

#### **I protocolli RS-422 e RS-485 nascono come soluzioni a queste esigenze**

## 2 Acquisizione con datalogger

### RS-485/RS-422

#### Caratteristiche

- **Trasmissione differenziale**
  - I dati sono trasmessi come differenza di tensione tra due linee (A e B), anziché rispetto a un riferimento di massa (RS-232: TX, RX, GND).
  - Il bit logico '1' (MARK) è  $A > B$ ; il bit logico '0' (SPACE) è  $B > A$ .
  - Vantaggio principale: Grande immunità al rumore. Qualsiasi rumore accoppiato su entrambe le linee viene annullato al ricevitore, che rileva solo la differenza.
  - Permette distanze maggiori e velocità più elevate rispetto alla trasmissione sbilanciata (RS-232).

## 2 Acquisizione con datalogger

### RS-422

#### **Comunicazione Punto-Punto/Multi-Drop**

Standard per comunicazione differenziale unidirezionale

- **Configurazione:** Trasmettitore singolo e fino a 10 ricevitori
- **Comunicazione:** Full-duplex (richiede 4 fili: Tx+, Tx-, Rx+, Rx-)
- **Distanza massima:** Fino a 1200 metri
- **Velocità max:** Fino a 10 Mbps su brevi distanze, si riduce con l'aumentare della distanza
- **Applicazioni tipiche:** Sistemi di acquisizione dati, automazione industriale

## 2 Acquisizione con datalogger

### RS-485

#### **Caratteristiche:**

- Standard per comunicazione differenziale bidirezionale (half-duplex o full-duplex).
- Configurazione: Fino a 32 trasmettitori/ricevitori sul bus, espandibile con ripetitori.

## 2 Acquisizione con datalogger

### RS-485

#### Caratteristiche:

- **Configurazione più comune:** Half-duplex (2 fili: A, B), i dispositivi trasmettono a turno
- **Configurazione meno comune:** Full-duplex (4 fili: Tx+, Tx-, Rx+, Rx-), come RS-422 ma con capacità multidrop in ricezione
- **Distanza max:** Fino a 1200 metri
- **Velocità max:** Fino a 10 Mbps su brevi distanze
- **Resistenze di terminazione:** Necessarie alle estremità del bus per prevenire riflessioni del segnale (tipicamente 120  $\Omega$ )

## 2 Acquisizione con datalogger

### Confronto RS-422 RS-485

Caratteristica	RS-422	RS-485
Modalità	Punto-punto o Multi-drop (unidirez.)	Multi-point (bidirezionale)
N. Dispositivi	1 Tx, fino a 10 Rx	Fino a 32 Tx/Rx (espandibile)
Cablaggio	4 fili (Tx+, Tx-, Rx+, Rx-)	2 fili (A, B) per Half-duplex; 4 fili Full-duplex
Comunicazione	Full-duplex	Half-duplex (comune) o Full-duplex
Terminazione	Solo sul ricevitore finale	Alle estremità del bus (entrambe)

## 2 Acquisizione con datalogger

### SDI-12

#### Il Protocollo SDI-12: Un'Interfaccia Seriale per Sensori Intelligenti

##### **Caratteristiche principali:**

- SDI-12 sta per "Serial Digital Interface a 1200 bps"
- È un protocollo di comunicazione seriale standardizzato
- Progettato specificamente per la registrazione di dati ambientali
- Consente ai datalogger di comunicare con sensori intelligenti a bassa potenza
- Nato dalla necessità di un'interfaccia comune per sensori di differenti produttori

## 2 Acquisizione con datalogger

### SDI-12

#### **Altre caratteristiche**

- **Basso Consumo Energetico:** Ideale per applicazioni alimentate a batteria in località remote
- **Semplicità di Cablaggio:** Utilizza un cavo a tre fili (alimentazione, massa, dati)
- **Supporto Multi-Sensore:** Un singolo bus SDI-12 può gestire fino a 10 sensori
- **Intelligenza Incorporata:** I sensori SDI-12 sono "intelligenti" – calcolano e forniscono valori già calibrati e unità di misura
- **Standardizzazione:** Compatibilità tra sensori di diversi produttori
- **Affidabilità:** Progettato per ambienti esterni difficili

## 2 Acquisizione con datalogger

### SDI-12

- Master-Slave: Il datalogger agisce come Master (controllore), i sensori come Slave
- Bus a 3 Fili:
  - Dati: Linea bidirezionale per la comunicazione.
  - Alimentazione (12V): Fornisce energia ai sensori
  - Massa (GND): Riferimento comune
- Indirizzamento: Ogni sensore sul bus ha un indirizzo univoco (0-9 o a-z)
- Comunicazione Seriale: **1200** baud, **7 bit** dati, parità **pari**, **1** stop bit

## 2 Acquisizione con datalogger

### SDI-12

Il datalogger "risveglia" i sensori e li interroga all'indirizzo impostato

#### **Tipico utilizzo**

- Il datalogger invia un comando a un sensore specifico (es. "Misura", "Richiedi Valori" etc)
- Elaborazione del Sensore: Il sensore esegue la misura richiesta
- Risposta: Il sensore invia i dati richiesti al datalogger
- Formato dei Comandi/Risposte: Tutti i messaggi iniziano con l'indirizzo del sensore e terminano con un carattere di newline e line feed (`\r\n`)

## 2 Acquisizione con datalogger

### SDI-12

#### Comandi

- **aI!** (Identify): Chiede al sensore di identificarsi (produttore, modello, versione).
- **aM!** (Measure): Chiede al sensore di effettuare una misura e di preparare i dati.
- **aR!** (Read): Richiede i dati dal sensore dopo un comando di misura.
- **aC!** (Concurrent Measure): Consente misurazioni da più sensori contemporaneamente (per sensori che lo supportano).
- **aA!** (Address Query): Chiede al sensore di auto-identificarsi se non si conosce l'indirizzo.
- **aX!** (Change Address): Cambia l'indirizzo di un sensore.

## 2 Acquisizione con datalogger

### SDI-12

#### Esempi

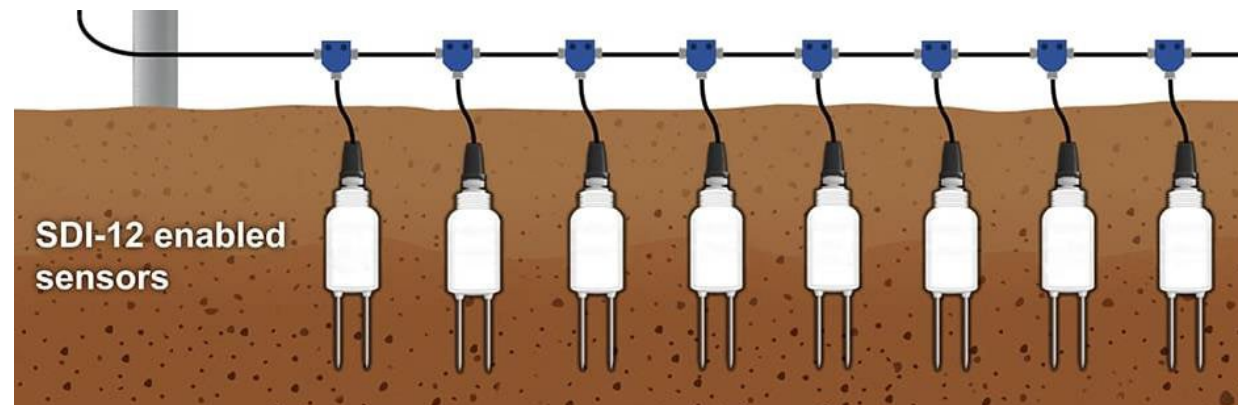
- **0I!** ➔ 013S\_0\_3136 (Identificazione del sensore con indirizzo 0)
- **0M!** ➔ 00003 (Sensore 0 pronto in 0 secondi con 3 valori)
- **0D0!** ➔ 0+25.5-12.3+0.5 (Dati dal sensore 0)

## 2 Acquisizione con datalogger

### SDI-12

#### Riassumendo

- **Installazione Semplificata:** Meno cablaggi, meno possibilità di errore
- **Manutenzione Ridotta:** Sensori auto-calibrati e diagnostici
- **Scalabilità:** Facile aggiungere o sostituire sensori
- **Dati di Qualità:** Misure precise e affidabili direttamente dal sensore





# THANKS!

**IR0000032 – ITINERIS, Italian Integrated Environmental Research Infrastructures System**  
(D.D. n. 130/2022 - CUP B53C22002150006) Funded by EU - Next Generation EU PNRR-  
Mission 4 “Education and Research” - Component 2: “From research to business” - Investment  
3.1: “Fund for the realisation of an integrated system of research and innovation infrastructures”

