

*Fondamenti sugli standard di  
interfaccia RS-232 e IEEE-488*

# 1 Introduzione

Come noto, un dispositivo di interfaccia permette il colloquio tra la struttura hardware di un calcolatore e uno o più dispositivi esterni. Uno degli obiettivi principali di un'interfaccia consiste nel fornire un mezzo per il trasferimento di dati, garantendo livelli accettabili di affidabilità, velocità, flessibilità e, naturalmente, costo.

Con il termine standard sono indicate un insieme di specifiche tecniche sia fisiche, sia funzionali, sia software che permettono di definire l'interfaccia e ne consentono un corretto utilizzo.

La realizzazione delle interfacce di trasmissione si basa, principalmente, su due tecniche di trasferimento dati:

Trasferimento *seriale*: viene trasferito un bit per volta

Trasferimento in *parallelo*: viene trasferito un insieme di bit per volta

La scelta tra l'una e l'altra è legata a diversi fattori (tipo di dati trasmessi, dispositivi collegati, ...) e viene effettuata tenendo in considerazione pregi e difetti delle due soluzioni: la maggior velocità del trasferimento in parallelo è accompagnata da una maggior complessità della struttura di controllo e, spesso, da problemi di affidabilità su collegamenti per distanze elevate, per esempio superiori a qualche metro. Per contro, la trasmissione seriale offre, in genere, maggiore semplicità nella realizzazione del canale trasmissivo, a parità di tecnologia impiegata (cavo elettrico, fibra ottica,...), superiore distanza tra trasmettitore e ricevitore, al prezzo di una minore efficienza di trasmissione.

Nella letteratura tecnica si incontrano parecchie proposte di standard di interfaccia, sia nel caso di comunicazioni seriali, sia nel caso di trasferimenti in parallelo. Nel seguito verranno presi in esame due tra le più diffuse modalità per la connessione di strumenti elettronici di misura ad un calcolatore:

Lo standard RS-232

Lo standard IEEE 488

## 2 Lo Standard RS-232

Si tratta di una modalità di trasmissione molto utilizzata nel collegamento fra unità centrale e periferiche di varia natura, ad esempio stampanti, modem, dispositivi di puntamento, strumentazione elettronica, etc.. Tale modalità di comunicazione richiede una struttura del trasmettitore e del ricevitore molto semplice, mentre il canale fisico di trasmissione può essere costituito nel caso più semplice da soli tre conduttori, due per la trasmissione bidirezionale dei segnali ed il terzo per il riferimento dei potenziali elettrici. Inoltre le distanze percorribili con questo metodo di trasmissione sono, in generale, sufficienti per le normali esigenze di un sistema di misura o nella pratica industriale, dal momento che è possibile coprire facilmente una decina di metri.

## 2.1 Struttura dei cavi di connessione

La connessione tra periferica e calcolatore secondo lo standard RS-232 è del tipo “punto a punto” (Fig. 1): questo significa che per consentire la comunicazione sono richiesti cavi e connettori distinti per ogni coppia periferica-calcolatore (Fig. 1).



Fig. 1 Connessione secondo lo standard RS-232 (connessione “punto a punto”)

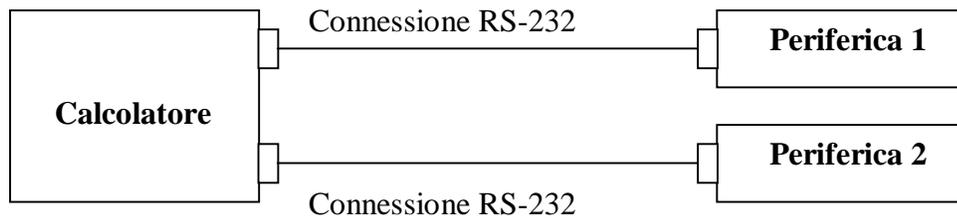


Fig. 2 Connessione secondo lo standard RS-232 nel caso di più periferiche

Il cavo di collegamento tra periferica e calcolatore è costituito da più conduttori: lo standard fissa il significato assunto da ciascuno di essi. Al contrario, non stabilisce univocamente un tipo di connettore da utilizzare, ma il modello DB-25 a 25 pin (Fig. 3) è quello più usato, insieme alla versione minima DB-9 a 9 pin (Fig. 4).



Fig. 3 Connettore RS-232 DB-25 (maschio e femmina)



Fig. 4 Connettore RS-232 DB-9 (maschio e femmina)

Il connettore femmina dovrebbe, di norma, essere associato a DCE (Data Communication Equipment), cioè la **periferica**, il connettore maschio a DTE (Data Terminal Equipment), il **computer**. La seguente tabella elenca il ruolo assegnato dallo standard a ciascuna terminazione del connettore:

<b>DB-25 Pin#</b>	<b>DB-9 Pin#</b>	<b>Nome comune</b>	<b>Direzione DTE-DCE</b>	<b>Nome formale</b>
1		FG	-	Frame Ground
2	3	TD	→	Transmitted Data, TxD
3	2	RD	←	Received Data, RxD
4	7	RTS	→	Request to Send
5	8	CTS	←	Clear To Send
6	6	DSR	←	Data Set Ready
7	5	SG	-	Signal Ground, GND
8	1	DCD	←	Data Carrier Detect
9		--	-	+P
10		--	-	-P
11		--	-	Non assegnato
12		SDCD	←	Secondary Data Carrier Detect
13		SCTS	←	Secondary Clear To Send
14		STD	→	Secondary Transmitted Data
15		TC	←	Transmission Signal Element Timing
16		SRD	←	Secondary Received Data
17		RC	→	Receiver Signal Element Timing
18		--	-	Non assegnato
19		SRTS	→	Secondary Request To Send
20	4	DTR	→	Data Terminal Ready
21		SQ	←	Signal Quality detector
22	9	RI	←	Ring Indicator
23		--	→	Data Signal Rate Selector
24		--	←	Transmitter Signal Element Timing
25		--	-	Non assegnato

**Tab. 1 Segnali associati ai pin dei connettori DB-25 e DB-9 dallo standard RS-232**

Qui di seguito si descrive brevemente la funzionalità associata ai segnali inviati su ciascuno dei conduttori che costituiscono il cavo di connessione.

**Nota:** Si osservi che un segnale è considerato attivo quando è a livello logico 1. La corrispondenza tra tensione e livelli logici è descritta in un paragrafo seguente.

## **Protective Ground**

Normalmente collegato alla struttura esterna di uno dei dispositivi, il DCE o il DTE, e opportunamente collegato a terra. L'unico scopo di tale connessione è di proteggere il sistema da shock elettrici accidentali. È considerato opzionale.

## **Transmit Data**

Linea di trasmissione dei bit di informazione dal DTE (periferica) a DCE (computer). Il DTE mantiene tale linea al valore logico 1 quando *non* ci sono dati da trasmettere; la trasmissione del dato su questa linea è possibile solo se i segnali *Request To Send*, *Clear To Send*, *Data Set Ready* e *Data Terminal Ready*, quando presenti, assumono valore logico 0.

## **Receive Data**

Linea di trasmissione dei bit di informazione dal DCE (computer) a DTE (periferica). Il dato (bit) primario viene inviato su questa linea dal DCE al DTE. Questo segnale viene mantenuto ad un valore logico 1 quando DCE non trasmette dati e viene portato a 0 per un breve intervallo di tempo dopo una transizione della linea *Request To Send* da 1 a 0, per consentire il completamento della trasmissione.

## **Request To Send**

Abilita i circuiti di trasmissione. DTE utilizza questo segnale quando intende trasmettere dati a DCE. Questo segnale, in combinazione con *Clear To Send*, coordina il trasferimento dati da DTE a DCE. Un valore logico 0 su questa linea mantiene DCE in modalità di trasmissione; DCE riceverà i dati da DTE e li trasmetterà attraverso il canale di comunicazione. Una transizione da 1 a 0 su questa linea segnala a DCE di completare la trasmissione dati in corso e di portarsi nella modalità di ricezione.

## **Clear To Send**

Segnale di risposta a DTE. Quando attivo, indica a DTE che la trasmissione può iniziare (sulla linea *Transmit Data*). Se CTS è attivo contemporaneamente ai segnali *Request To Send*, *Data Set Ready* e *Data Terminal Ready* i dati provenienti da DTE vengono inviati lungo il canale di trasmissione. La non attività del segnale CTS viene interpretata da DTE come non disponibilità di DCE a ricevere dati (DTE, quindi, attende ad inviare dati).

## **Data Set Ready**

Con questa linea DCE avvisa DTE che il canale di comunicazione è disponibile, cioè che DCE è pronto a trasmettere o a ricevere.

## **Signal Ground**

Riferimento di tensione per tutti gli altri segnali.

## **Receive Line Signal Detect (or Data Carrier Detect)**

DCE utilizza questa linea per segnalare a DTE che sta ricevendo un “buon segnale”, cioè una portante analogica in grado di assicurare una demodulazione dei dati ricevuti priva di errori.

### **+P**

E' mantenuto ad una tensione di +12 Volts DC a scopo di test.

### **-P**

E' mantenuto ad una tensione di -12 Volts DC a scopo di test.

## **Secondary Receive Line Signal Detect**

Questo segnale è attivo quando il canale di comunicazione secondario sta ricevendo un “buon segnale”, cioè una portante analogica in grado di assicurare una demodulazione dei dati ricevuti priva di errori. Questo segnale è analogo a *Receive Line Signal Detect*.

## **Secondary Clear To Send**

Segnale di risposta a DTE. Quando attivo, indica a DTE che può dare inizio alla trasmissione sul canale secondario (linea Transmit Data)

## **Secondary Transmitted Data**

Linea di trasmissione dati secondaria, utilizzata sia da DTE a DCE, sia da DCE a ATE. Questo segnale equivale a *Transmitted Data*.

## **Transmission Signal Element Timing**

Segnale di clock inviato da DCE a DTE, in modo che DTE sia in grado di sincronizzare il proprio circuito di output che pilota la linea Transmitted Data. La frequenza del segnale di clock dipende dal bit- rate associato alla linea Transmitted Data. La transizione da 1 a 0 denota il punto centrale del tratto di segnale corrispondente ad un bit sulla Transmitted Data.

## **Secondary Receive Data**

Linea impiegata per l'invio dei dati (bit) da DCE a DTE. Quando il canale secondario è utilizzato a scopo diagnostico o per interrompere il flusso di dati sul canale primario, questo segnale non viene fornito.

## **Receiver Signal Element Timing**

Segnale di clock inviato da DCE a DTE in modo che DTE sia in grado di sincronizzare il proprio circuito di ricezione che pilota la linea Received Data. La frequenza del segnale di clock dipende dal bit-rate della trasmissione sulla linea Received Data. La transizione da 1 a 0 indica il punto centrale del tratto di segnale corrispondente ad un bit sulla Received Data.

## **Secondary Request To Send**

Richiesta di dati effettuata sul canale secondario da DTE e rivolta a DCE. Questo segnale equivale a Request To Send.

## **Data Terminal Ready**

Se questo segnale è a livello logico 1, DCE viene informato che DTE è pronto per la ricezione. Il segnale DTR deve essere attivo prima che DCE attivi il segnale Data Set Ready, indicando così di essere connesso al canale di comunicazione. Se il segnale DTR assume il valore logico 0, DCE interrompe la trasmissione in corso.

## **Signal Quality Detector**

Linea usata da DCE per indicare se c'è o meno una elevata probabilità che si verifichi un errore nella ricezione dei dati. Viene posta ad un valore logico 0 se la probabilità di errore è elevata.

## **Ring Indicator**

Linea usata da DCE per segnalare a DTE che sta per giungere una richiesta di collegamento. Il segnale *Ring Indicator* viene mantenuto sempre a livello logico 0, tranne quando DCE riceve un segnale di chiamata in arrivo.

## **Data Signal Rate Selector**

Linea utilizzata per selezionare il bit-rate di trasmissione del DCE. In caso di connessione sincrona il bit-rate può assumere uno tra due valori possibili; se la trasmissione è di tipo asincrono, il bit-rate può assumere un valore compreso all'interno di due intervalli specificati dallo standard.

## **Transmitter Signal Element Timing**

Linea usata da DTE per inviare a DCE un segnale di clock. La transizione da 1 a 0 indica il punto centrale del tratto di segnale corrispondente ad un bit sul *Transmitted Data*.

**Nota:** i nomi dei segnali assegnati ai pin sono gli stessi per DCE e per DTE. *Transmit Data* è una linea di trasmissione nel punto di connessione del cavo RS-232 a DTE e di ricezione

nel punto di connessione del cavo RS-232 a DCE; *Data Set Ready* è una linea di ricezione nel DTE e di trasmissione nel DCE, e così via.

## 2.2 Caratteristiche elettriche dei segnali

Lo standard RS-232 fissa anche le caratteristiche elettriche dei segnali relativi ai dati e al controllo della trasmissione, secondo le specifiche di seguito riportate.

### Livelli di tensione definiti nello standard

Si ricorda che i segnali di controllo sono: *Transmit Data*, *Receive Data*, *Secondary Transmit Data*, *Secondary Receive Data*.

I segnali relativi ai dati sono: *Request To Send*, *Clear To Send*, *Data Set Ready*, *Data Carrier Detect*, *Secondary Data Carrier Detect*, *Secondary Clear To Send*, *Secondary Request To Send*, *Data Terminal Ready*, *Ring Indicator*, *Data Signal Rate Selector*.

<b>Tipo segnali</b>	<b>Estremo</b>	<b>Commento</b>	<b>Livello logico 0</b>	<b>Livello logico 1</b>
Dati				
	Trasmittitore	Tensione imposta	Da 5 a 15 Volts	Da -5 a -15 Volts
	Ricevitore	Tensione letta	Da 3 a 25 Volts	Da -3 a -25 Volts
Controllo				
	Trasmittitore	Tensione imposta	Da -5 a -15 Volts	Da 5 a -15 Volts
	Ricevitore	Tensione letta	Da -3 a -25 Volts	Da 3 a 25 Volts

Tab. 2 Livelli di tensione definiti dallo standard RS-232

### Margine di rumore

Le tensioni lette in corrispondenza al ricevitore sono diverse da quelle imposte al trasmettitore: tale definizione dei livelli di tensione permette di compensare le cadute di tensione lungo il cavo (canale di trasmissione). I segnali, infatti, nella propagazione lungo il mezzo di trasmissione sono soggetti ad attenuazione e distorsione di entità proporzionale alla lunghezza del cavo. Questi effetti sono dovuti per lo più alla capacità elettrica associata al cavo. Lo standard impone una capacità massima di carico pari a 2500 pF: poiché un metro di cavo presenta tipicamente una capacità di circa 130 pF, la lunghezza massima accettabile risulta attorno ai 17 m. Chiaramente si tratta di un calcolo estremamente approssimato; nella pratica si riescono a coprire distanze massime dell'ordine dei 30 m, purché si impieghino cavi con bassa capacità oppure nel caso di ridotte velocità di trasmissione o ancora impiegando tecniche software di correzione degli errori di trasmissione.

## 2.3 Compatibilità RS-232 di un dispositivo

Mentre alcuni segnali nelle interfacce RS-232 sono universalmente implementati nei microcomputer, altri sono gestibili arbitrariamente da parte dei costruttori. Affinché un dispositivo si possa definire compatibile con lo standard devono essere rispettate le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche elettriche

Livelli di tensione associati ai valori logici 0 e 1

Funzioni associate ad alcuni conduttori (Pin# 2, Pin# 3, Pin# 7)

Uso di un terminale come DTE e non come DCE

Uso di un modem come un DCE e non come un DTE

## 3 Lo standard 488

### 3.1 Introduzione

La semplicità costruttiva e di controllo delle interfacce basate sul protocollo RS-232 è il motivo principale per il quale esse sono state utilizzate per prime allo scopo di dotare strumenti numerici della capacità di comunicare con un'unità centrale. Si deve però ricordare che il sistema di comunicazione seriale non è stato progettato tenendo presente le caratteristiche offerte dagli strumenti di misura, quanto piuttosto in vista della connessione tra un calcolatore ed una periferica con funzionalità più limitate (ad esempio un plotter o un modem).

Ne consegue che alcuni strumenti, se collegati ad un calcolatore per mezzo di una linea seriale, non vengono sfruttati al pieno delle loro capacità, sia in termini di funzionalità disponibili, sia in termini di velocità di trasmissione.

Per superare le precedenti difficoltà sono stati proposti vari tipi di canali di interfaccia, organizzati appositamente per la gestione di strumenti di misura. Tra queste riveste un ruolo di particolare importanza l'interfaccia IEEE 488, nota anche come protocollo GP-IB (General Purpose Interface Bus) o ancora come HP-IB, dal nome di due costruttori che hanno tra i primi aderito allo standard. La linea di collegamento tramite la quale più dispositivi elettronici interconnessi possono comunicare tra loro è un bus: storicamente è stato progettato dai tecnici della Hewlett-Packard per permettere il controllo e lo scambio di dati a distanza tra gli strumenti programmabili HP. Tale bus è stato subito impiegato nella connessione tra computer e strumenti anche non HP, per la sua elevata velocità massima nel trasferimento dei dati (fino a 1Mbyte/sec), lo standard successivamente è stato ridefinito con il nome "IEEE 488.1"o, per brevità, "488.1". Esso stabilisce le caratteristiche fisiche del bus di collegamento e descrive una serie di funzioni di interfaccia che i costruttori devono implementare sui dispositivi perché questi possano utilizzare il bus nella trasmissione dei dati. La documentazione corrispondente elenca quindi tutti i comandi utilizzabili sul bus per il controllo del sistema di interfaccia e la gestione della trasmissione dei dati.

Nello standard 488.1 le funzioni di interfaccia sono chiaramente distinte dalle funzioni svolte dai dispositivi; i costruttori sono liberi di implementare queste ultime a loro

discrezione utilizzando, per il comando dei dispositivi, opportune istruzioni inviate sul bus, le quali possono variare a seconda del dispositivo specifico.

Una successiva revisione dello standard ha avuto come risultato una nuova versione dello stesso, denominata IEEE 488.2. In tale nuovo insieme di norme, sono definiti anche i protocolli per la comunicazione tra i dispositivi e l'host, il formato della trasmissione dei dati sul bus ed infine sono fornite utili linee guida alla programmazione dei dispositivi. A tale proposito si ricorda la presenza delle indicazioni fornite dal consorzio SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments), le quali sono perfettamente compatibili con le norme dello standard 488.2. Le indicazioni fornite da SCPI riguardano la sintassi e il significato associato ai comandi scambiati tra host e strumenti.

## **3.2 Caratteristiche fisiche**

### **Generalità**

La struttura del sistema è del tipo a bus in modo da consentire la trasmissione in parallelo di più bit; risulta semplice, inoltre, apportare variazioni nel numero di strumenti collegati al sistema. Il bus è realizzato raggruppando tra loro 24 linee in un unico cavo (party line bus). Per raggiungere il massimo delle prestazioni in termini di velocità di trasferimento dei dati sul bus (1 Mbyte/s), la distanza tra i dispositivi e la lunghezza dei cavi di collegamento tra gli stessi devono essere limitate. In particolare si consiglia:

Una distanza massima di 4 metri tra un dispositivo ed un altro e una distanza media di 2 metri tra i dispositivi

Una lunghezza totale del bus non superiore a 20 m

Non più di 15 dispositivi connessi al bus di cui almeno due terzi autoalimentati, cioè tali da non prelevare l'alimentazione dal bus stesso

Tenendo presenti questi vincoli si può organizzare un sistema di misura automatico avente una discreta complessità, con strumenti disposti non troppo lontani gli uni dagli altri, in modo non eccessivamente sparso. Si noti che la limitazione di distanza è in realtà solo apparente. Infatti esistono sul mercato opportuni dispositivi (REPEATER) che consentono di realizzare collegamenti più lunghi. Al limite, attraverso convertitori di protocollo 488-ETHERNET, è possibile connettere due sottostazioni di strumenti, collegate al bus 488, mediante rete ethernet, in modo da coprire distanze dell'ordine delle diverse decine di metri.

### **Le connessioni**

I connettori 488 hanno una particolare struttura meccanica, rigorosamente stabilita dallo standard, e presentano 24 terminazioni o pin. Il connettore su uno strumento è di tipo "femmina", mentre i due connettori alle estremità dei cavi di collegamento sono entrambi sia "maschio", sia "femmina", rendendo semplice la realizzazione di connessioni multiple. Come illustrato in figura sono possibili, principalmente, due topologie di collegamento: *lineare* (Fig. 5 A) e *a stella* (Fig. 5 B).