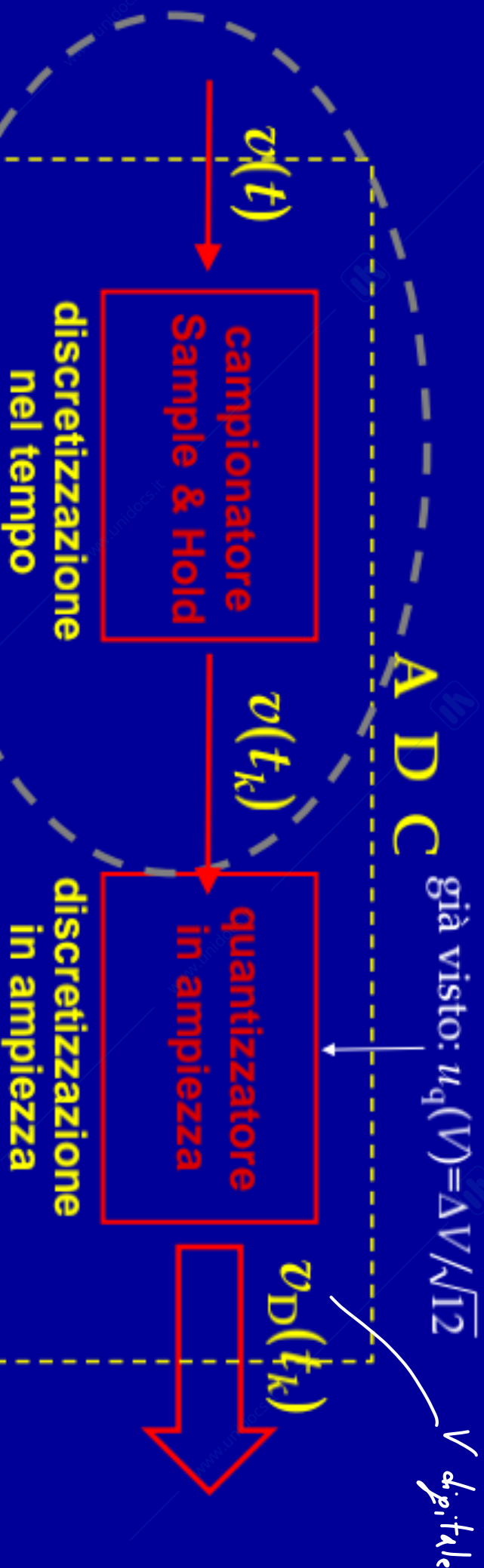


CAMPIONAMENTO SCHEDE DAQ PROTOCOLLI

Campionamento ideale/ reale



Campionare significa perdere informazioni.

ma perde solo la freq. visto che abbiamo le freq.

Il segnale campionato $v(t_k) = v(kT_s) = x_c(t)$ idealmente si ottiene prelevando i campioni in un tempo infinitesimo ma nella **realtà** occorre un **tempo finito ($T_w \neq 0$)** per prelevare da $v(t)$ il segnale campionato $v(t_k)$ e poi per quantizzarlo

Segnale di ingresso e campionamento

Un **segnale** di tensione $v(t)=x(t)$ è reale e continuo

Ipotizziamo di lavorare con uno spettro del segnale

"**limitato**": trasformata $X(f)$ t.c. $X(f) \equiv 0$ per $|f| > f_{\max}$

(se il segnale non ha banda limitata a f_{\max} si può usare un filtro passa-basso)

*In freq. avremo
la convoluzione*

In un **campionamento ideale** il segnale è **moltiplicato** per un treno (serie) di **delta di Dirac** $h(t) = \delta(t)$

In un **campionamento reale** il segnale è moltiplicato per un treno (serie) di **rettangoli** $h(t) = \text{rect}(t/T_w)$ in cui il singolo rettangolo ha durata finita T_w

*Appunti
Sul quad.*

Campionamento ideale

*può darsi
le frecce
vediamo
il se prima
campionamento*

T_c e f_c sono periodo e frequenza di campionamento

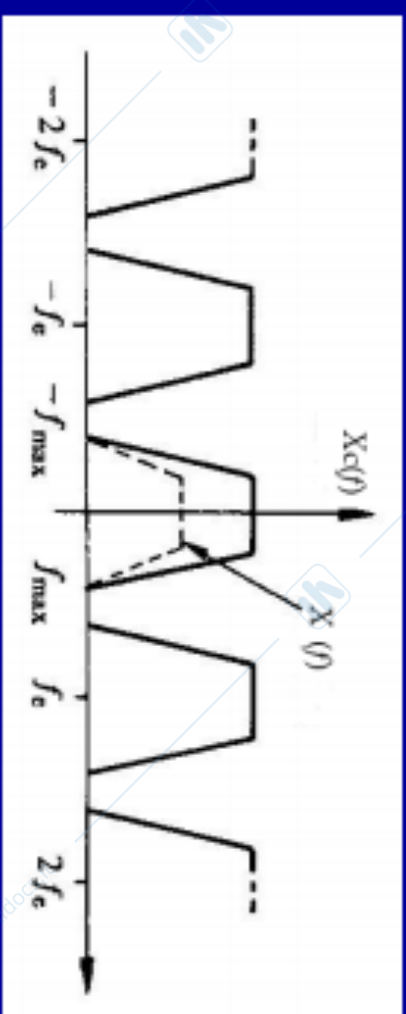
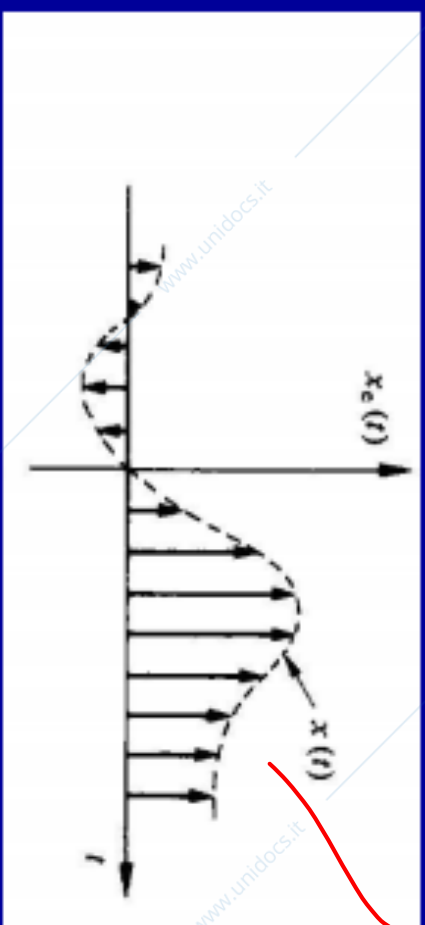
segnale campionato
(dominio temporale)

$$x_c(t) = x(t) \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \delta(t - kT_c)$$

*→ S(Delta di Dirac) e il valore neutro della
convoluzione.*

segnale campionato
(dominio spettrale)

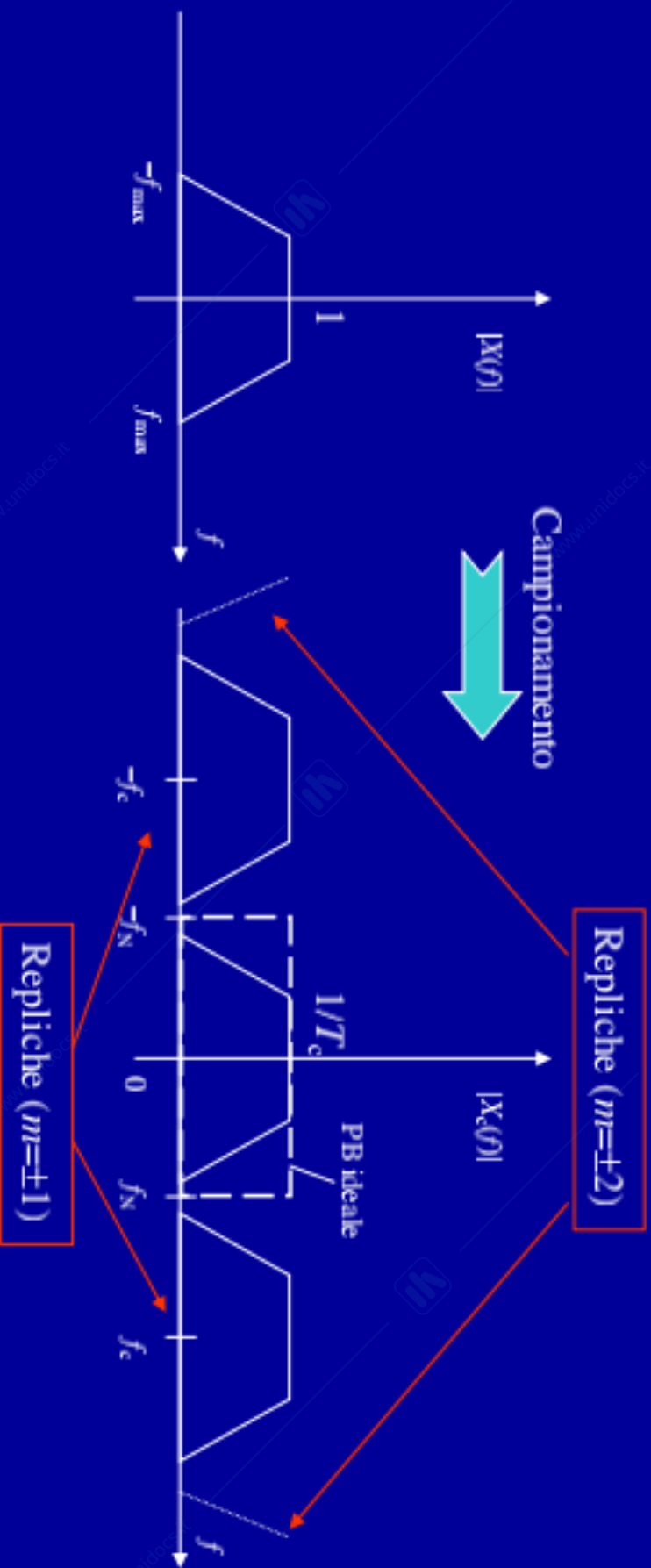
$$X_c(f) = f_c \sum_{m=-\infty}^{+\infty} X(f - mf_c)$$



Lo spettro del segnale campionato è periodico
e contiene infinite **repliche** dello spettro del
segnale, distanziate con un **passo** f_c

Teorema di Shannon

Un filtro **passa-basso (PB) ideale** con frequenza di taglio pari alla **frequenza di Nyquist $f_N = f_c/2$** permette di **ricostruire** il segnale originale, dal segnale campionato, se la **massima frequenza f_{max}** del segnale d'ingresso è tale che **$f_{max} \leq f_N$**



Se $f_{max} > f_N$ si avrà **aliasing** (equivocazione) sul segnale ricostruito

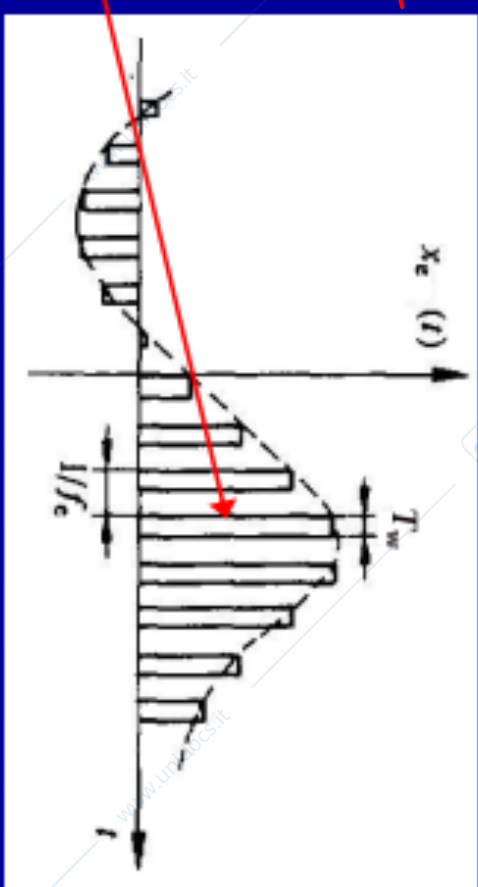
Campionamento reale

Considerando che in realtà la delta di Dirac è un rettangolo

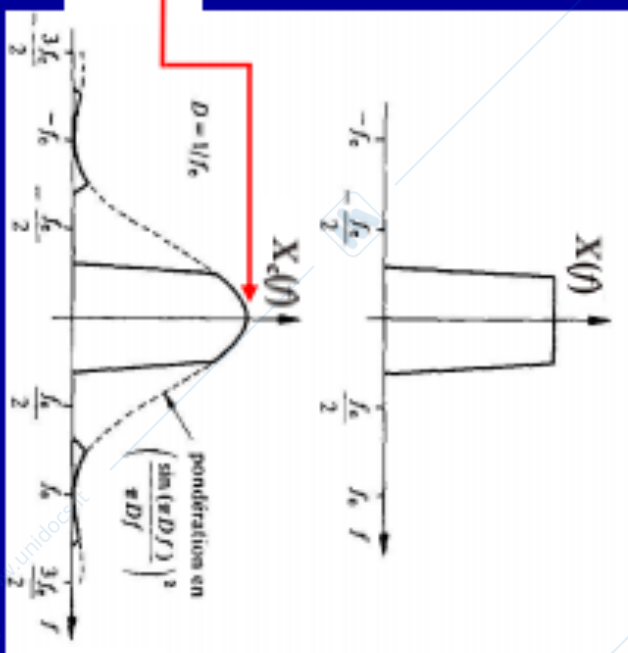
↳ una serie di errori commessi nelle realtà trascurabili

$$x_c(t) = x(t) \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \text{rect}[(t - kT_c) / T_w]$$

si campiona con una funzione a rettangolo anziché con una δ di Dirac



segnale campionato (dominio spettrale)



per $fT_w \ll 1$ l'errore è trascurabile

distorsioni su ampiezza e fase del segnale ricostruito

$$\Rightarrow T_w \ll 1/f_{\max}$$

$$\Rightarrow f_{\max} \ll 1/T_w$$

$$X_c(f) = f_c T_w \frac{\text{sin}(\pi f T_w)}{(\pi f T_w)} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} X(f - mf_c) e^{-j\pi f T_w} \frac{\text{sin} \pi T_c (f - mf_c)}{\pi T_c (f - mf_c)} e^{-j\pi f T_c}$$

Soluzione Pb. campionamento reale

Per sistemi DAQ con requisiti di accuratezza elevati le **distorsioni** introdotte dal campionamento reale devono essere **calcolate e tenute in conto**

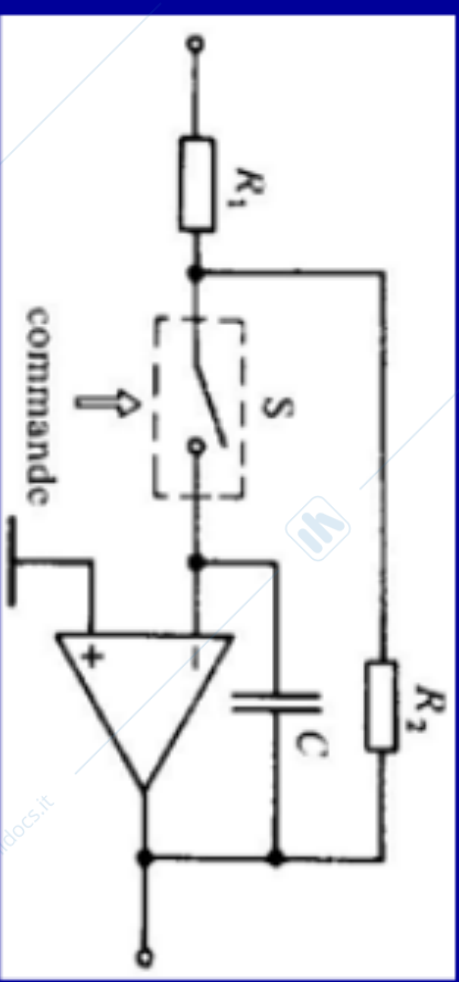
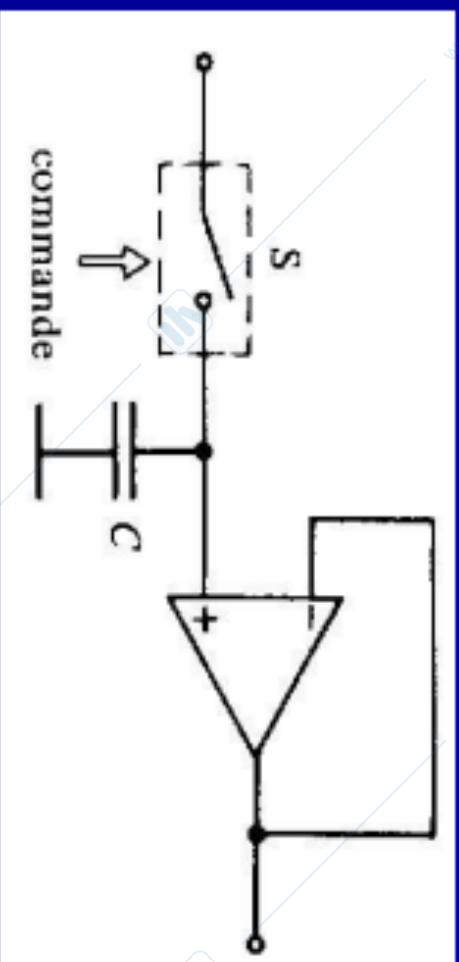
Non saranno accettabili distorsioni che producono errori sul segnale confrontabili con il **limite di rumore imposto dal numero di bit equivalenti**

In generale per ridurre gli effetti provocati dall'*aliasing* e dalla durata finita del campionamento **si adottano frequenze di campionamento ben superiori al limite imposto dal teorema di Shannon** (ad esempio $f_c = 10f_{c,\min} = 20f_{s,\max} = 20f_{s,\max}$)
Naturalmente $T_w < T_c$ e magari $T_w \ll T_c \Rightarrow T_w \ll 1/f_{\max}$

Campionatore Sample&Hold (S/H)



A interruttore chiuso, la tensione campionata viene "memorizzata" su un condensatore (memoria analogica) che poi la mantiene quando l'interruttore è aperto



$T_w \approx \tau$ dipende dalla R_s

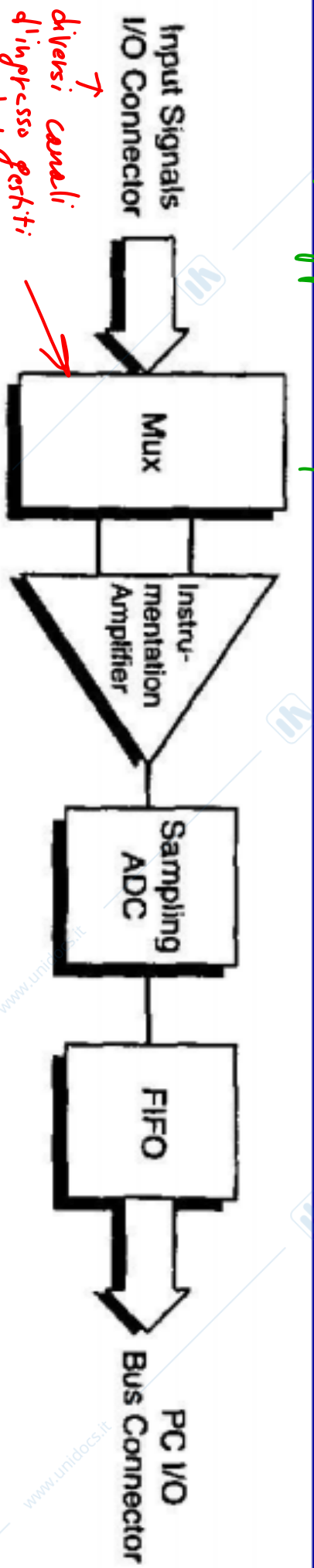
$T_w \approx \tau$ è dato da $R_2 C = \text{cost.}$

Pb. non-idealità (correnti di perdita): dell'interruttore S o del condensatore C o dell'operazionale

SCHEDDE DI ACQUISIZIONE DATI (DAQ) Data Acquisition

Scheda di acquisizione dati (DAQ)

↳ appunti qua ad.



Multiplexer - permette di selezionare i diversi ingressi disponibili (di tipo *single-ended* e di tipo differenziali)

Amplificatore per strumentazione (WB, guadagno variabile) - *parte importante poiché consente di gestire il segnale prima di campionarlo*
 consente di utilizzare la piena dinamica del convertitore (ADC)

Campionatore+ADC - converte la tensione in valore numerico

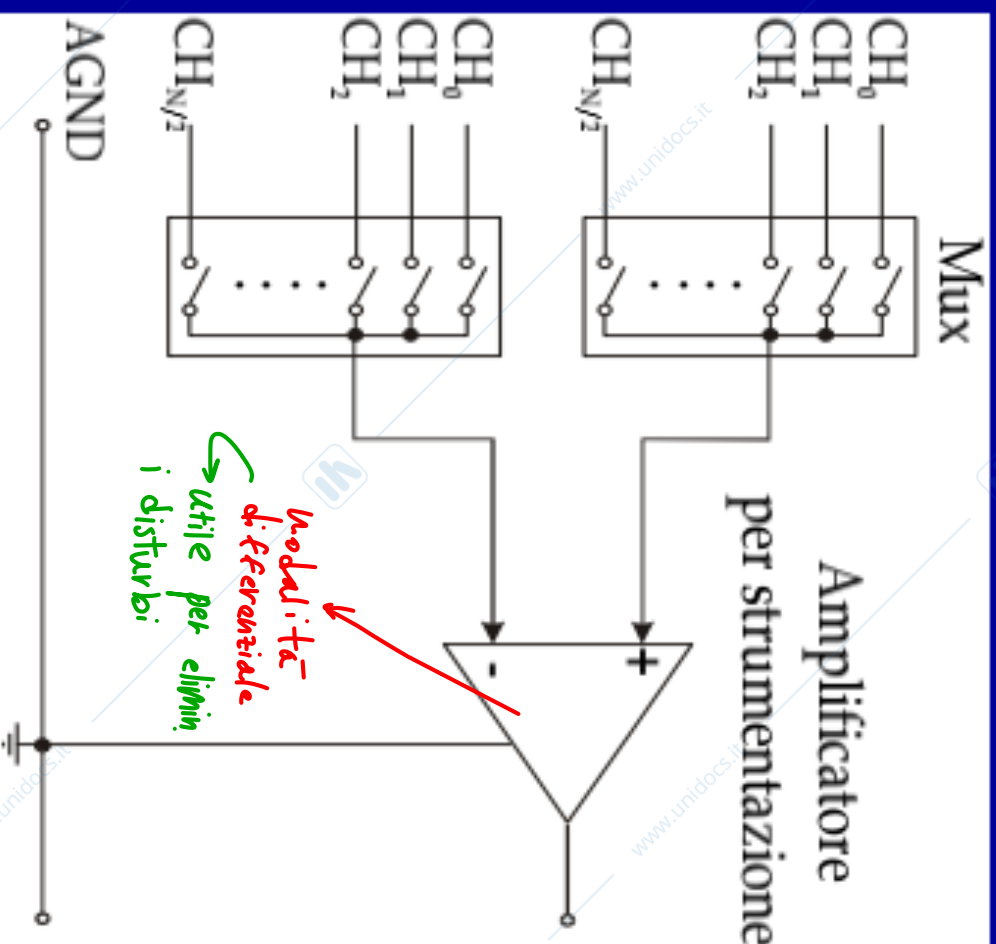
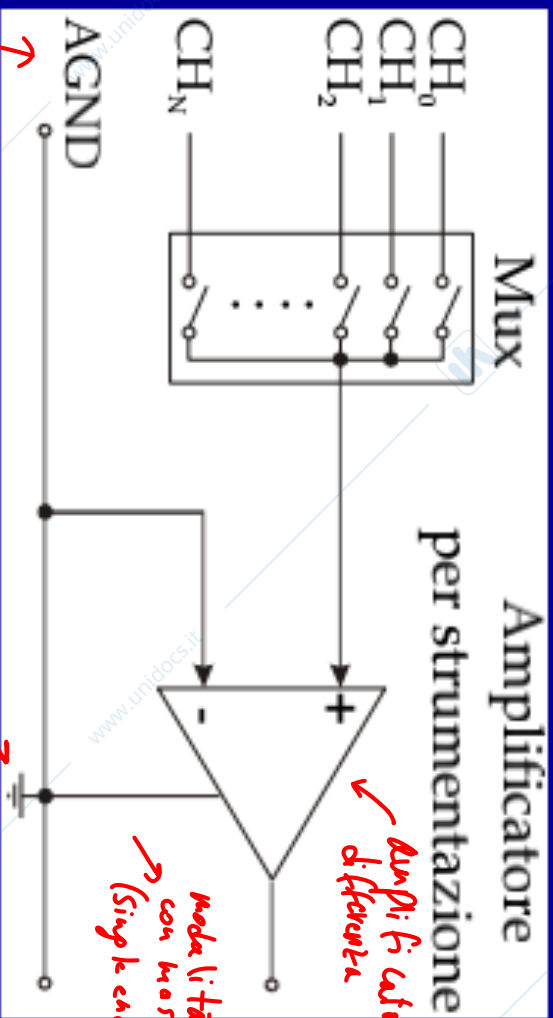
FIFO - consente di inviare sul bus dati del PC e/o *da le prestazioni della scheda (freq.)*

direttamente in memoria RAM (DMA) del PC i dati acquisiti
↳ dipende dal tipo della scheda (salvo PC, USB, Ethernet)

Le schede dispongono anche di uscite analogiche (DAC), di linee di I/O Input/Output, e di sincronizzazioni analogiche e digitali (timer e trigger)

Ingressi single-ended o differenziali

MUX = insieme di interruttori gestiti da software



Se il MUX ha N ingressi (fili), la scheda avrà N ingressi single-ended e $N/2$ ingressi differenziali

Numero tipico dei canali analogici d'ingresso: 8-80 canali

Frequenza di campionamento

Frequenza di campionamento - La massima frequenza a cui la DAQ può digitalizzare il segnale. La DAQ potrà digitalizzare il segnale anche a frequenze inferiori. Quando si effettua un **campionamento multicanale** (cioè su più ingressi), la massima frequenza campionabile sul singolo canale è pari a:

$$f_{sample, N_I \text{ ingressi}} = \frac{f_{max, ADC}}{N_I}$$

Valori tipici per la frequenza di campionamento nel caso di schede *general purpose*:

$$10 \text{ kSa/s} < f_{sample} < 10 \text{ MSa/s}$$



Dinamica ADC

Dinamica ADC: D_{ADC}

è fissa (non sempre adatta al segnale)



Si massimizza la risoluzione sul segnale amplificandolo

$$G = D_{ADC} / D_{segnale}$$

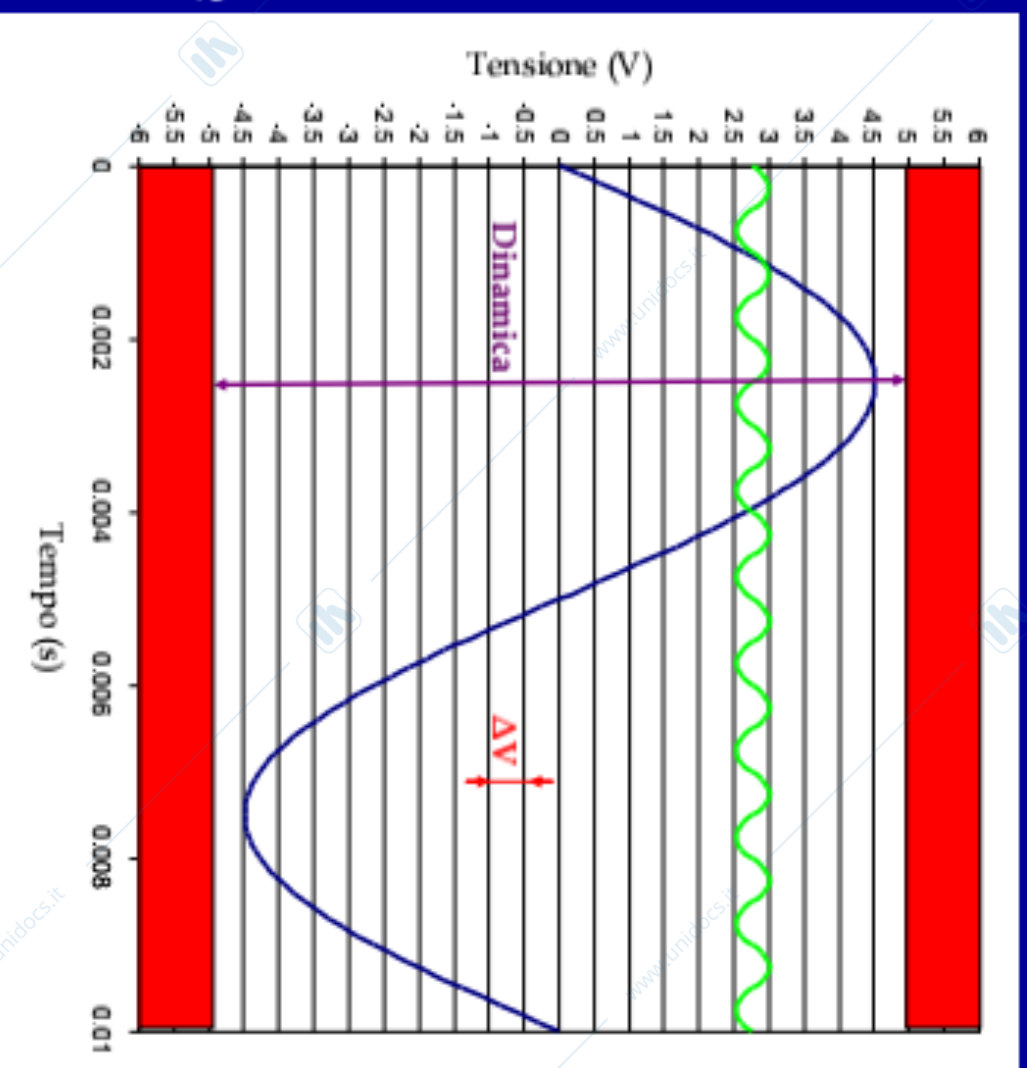
Guadagni tipici dell'amplificatore con ADC con dinamica $\pm 5V$:

$$G=100 \quad D_s = \pm 50 \text{ mV}$$

$$G=10 \quad D_s = \pm 0.5 \text{ V}$$

$$G=1 \quad D_s = \pm 5 \text{ V}$$

$$G=0.5 \quad D_s = \pm 10 \text{ V}$$



$$AV_s = D_s / 2^n = (100 \text{ mV}, 1 \text{ V}, 10 \text{ V}, 20 \text{ V}) / 2^{12}$$

$$= 25 \mu\text{V}, 250 \mu\text{V}, 2.5 \text{ mV}, 5 \text{ mV} @ n=12 \text{ bit}$$

Risoluzione ADC

Risoluzione - Il numero di bit (n) che l'ADC usa per rappresentare il **segnale analogico in ingresso**. Maggiore è la risoluzione, maggiore è il numero di livelli in cui la dinamica (D_{ADC}) dell'ADC è divisa, ergo, la tensione minima rilevabile (ris. dim. ΔV) varia in funzione della dinamica del segnale d'ingresso e del guadagno dell'amplificatore. La **minima tensione rilevabile** per una DAQ ideale è la ris. dimensionale.

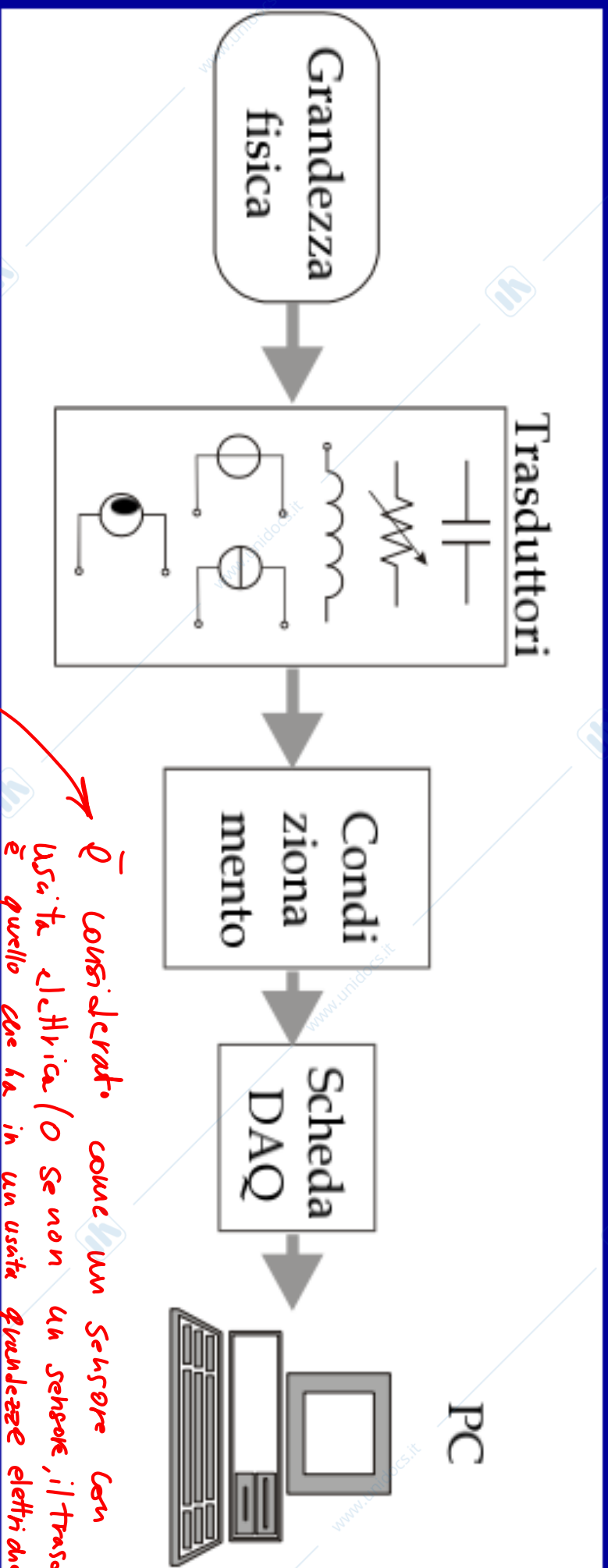
$$\Delta V = \frac{D_{ADC}}{G \times 2^n} \quad \text{risoluzione dimensionale}$$

$$\delta = \frac{1}{N} = \frac{1}{2^n} \quad \text{ris. adim.}$$

Risoluzioni tipiche di una DAQ: 12-18 bit ($\delta = 0.25 \times 10^{-3} - 4 \times 10^{-6}$)

La risoluzione è solo una delle caratteristiche che descrivono l'**accuratezza** della DAQ. Rumore elettronico ed errori (di linearità, di *offset*, di guadagno) devono essere considerati per descrivere correttamente l'accuratezza dell'ADC.

Acquisizione dati dal mondo fisico



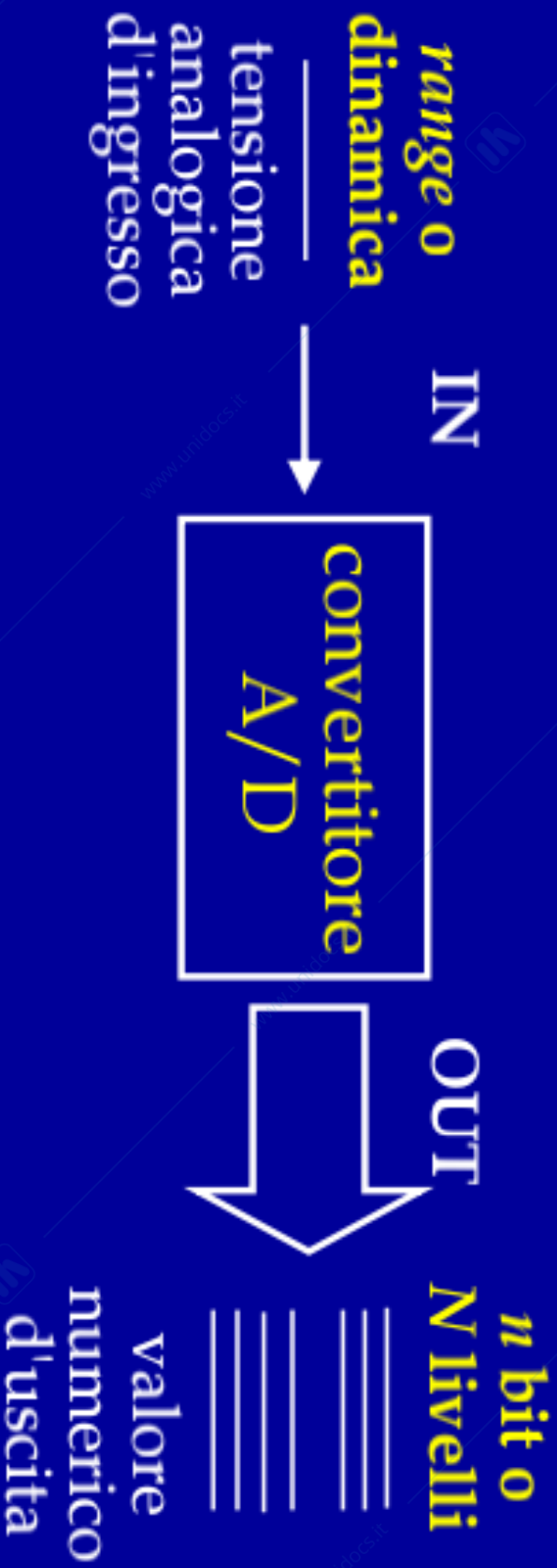
Fenomeno fisico → Trasduttore → Condizionamento →

Scheda DAQ → PC+DSP (elaborazione e visualizzazione)

ACQUISIZIONE e ANALISI dei DATI

Caratteristiche del convertitore A/D

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari



Caratteristiche:

DINAMICA: D [V]

RISOLUZIONE: n [bit] o N [livelli]

VELOCITA': f_c [Hz] o T_c [s] o anche f_{sample} [Sa/s]

RUMORE ELETTR. [mV efficaci] o **BIT EQ.** n_e [bit]

COSTO [€] e **CONSUMI** [mW]

PROTOCOLLI DI COMUNICAZIONE

↳ *Conessione digitale degli strumenti al Pc*

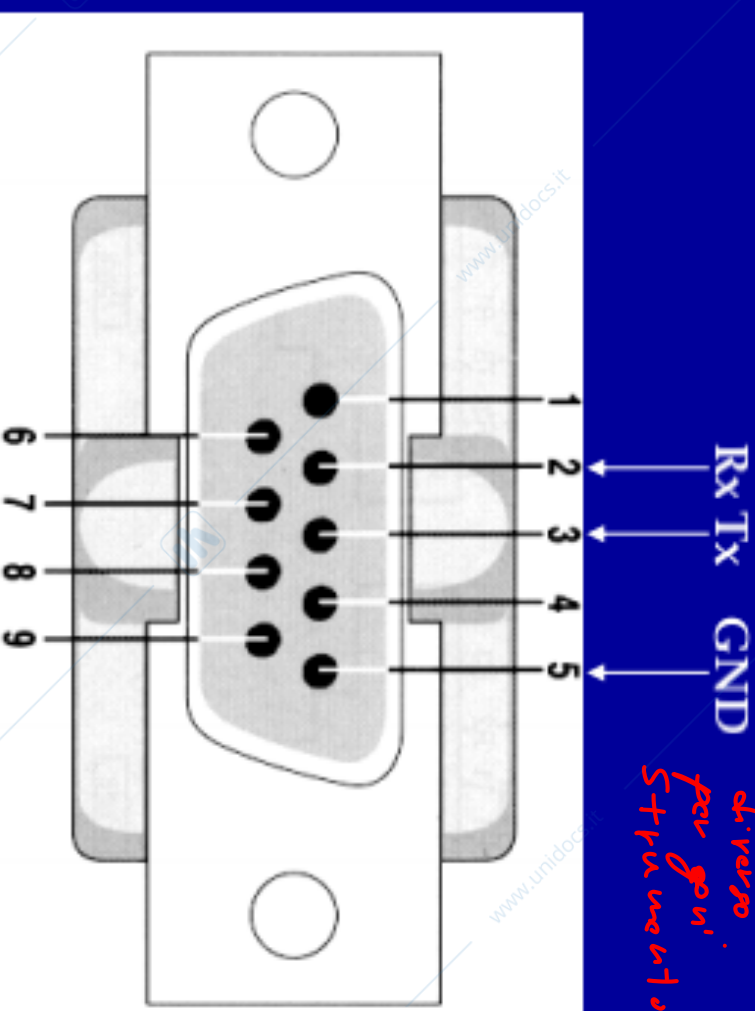
Interfaccia seriale RS-232

La comunicazione seriale avviene attraverso tre linee:

- (2) **RX** ricezione;
 - (3) **TX** trasmissione;
 - (5) linea di massa **GND**;
- (i livelli RX e TX sono quindi riferiti al GND).

Altre linee possono essere disponibili ma in generale non sono richieste.

*CONNESSIONE PUNTO-PUNTO
 ↳ devi collegare tutte le cavità diverse per poi sfruttare*



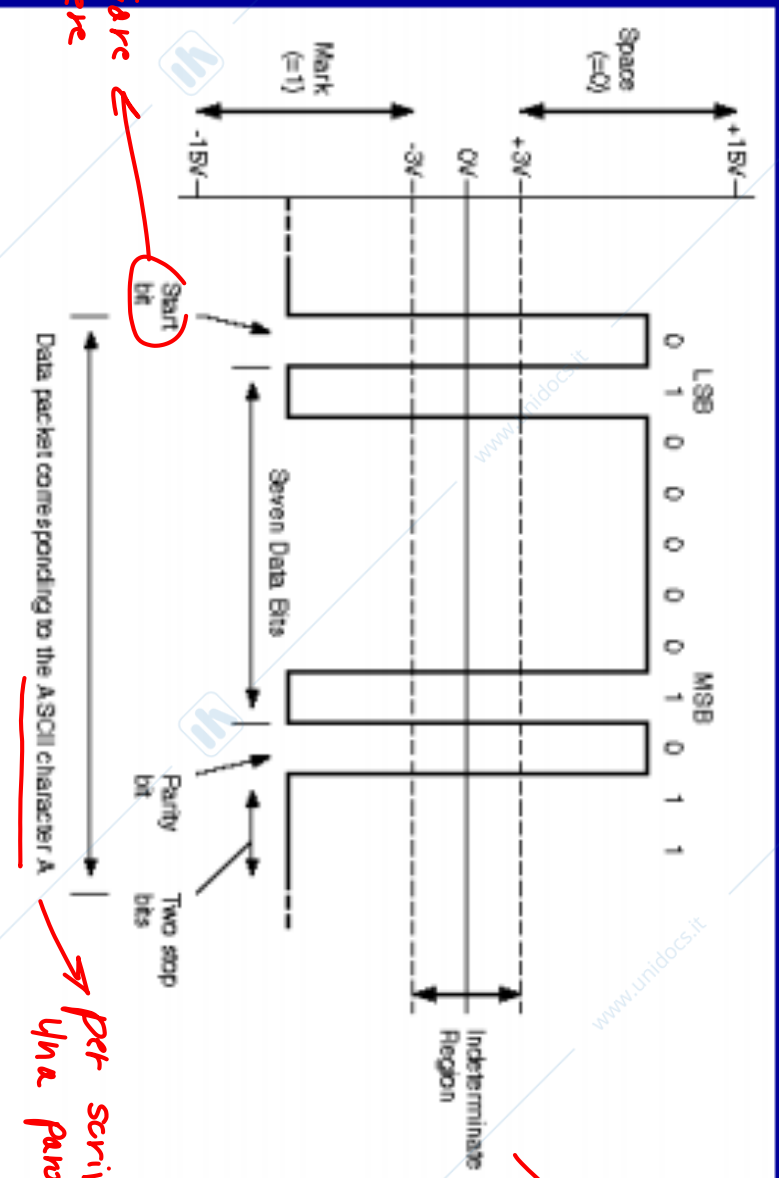
Pin	Signal	Pin	Signal
1	Data Carrier Detect	6	Data Set Ready
2	Received Data	7	Request to Send
3	Transmitted Data	8	Clear to Send
4	Data Terminal Ready	9	Ring Indicator
5	Signal Ground		

Interfaccia seriale RS-232

L'or interfaccia con altri pacche trasn. e riceve. Sono stackati

*asincrono
↓
Posto parlare quando voglio*

Il livello di tensione corrispondente allo stato alto (1) è compreso tra +3 V e +12 V mentre lo stato logico basso (0) è tra -3 V e -12 V (nel PC o nel dispositivo, invece sul cavo i livelli sono opposti).



Per iniziare a scrivere

Per scrivere una parola

bit signals in the cable

comparatore

Parametri fondamentali del protocollo seriale sono:
baud rate (velocità trasmissione ≈9.6 kbit/s), data bits (sono 7), stop bit(s) e parity bit (è 1). Il singolo messaggio è un pacchetto costituito dai bit di dati, stop e parità.

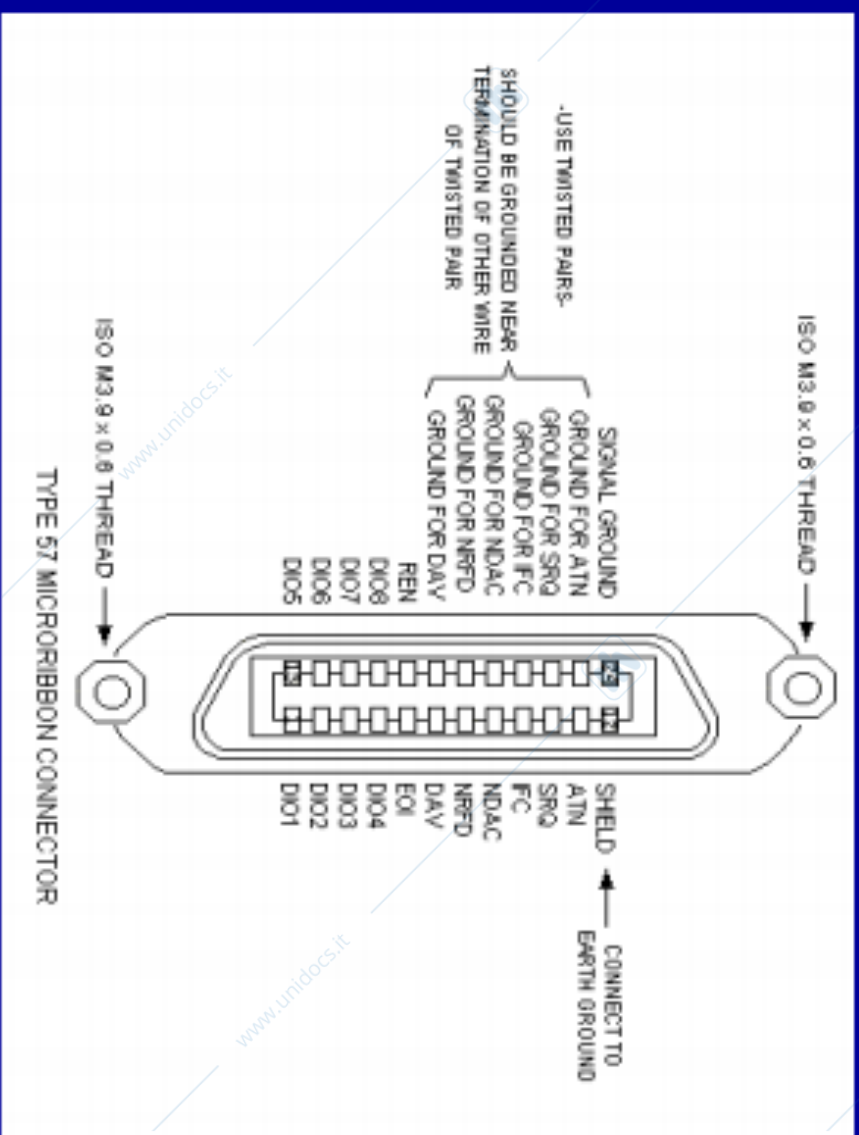
Interfaccia IEEE-488 (GPIB)

Collegare al PC più strumenti con un cavo solo

primarie HP1B Hewlett Packard

Le caratteristiche essenziali dell'interfaccia parallela GPIB (*general purpose interface bus*) sono :

- 8 linee dati (DIO1-DIO8, TTL 0-5 V), 5 linee di gestione dell'interfaccia e 3 linee di *handshake*;
- il codice di trasferimento dei dati è ASCII a 7 bit + 1 bit di parità (1 dato = 1 byte);
- il numero massimo di dispositivi collegabili è 15 con lunghezza massima di collegamento pari a 20 m
- velocità massima di trasmissione 1 Mbyte/s (tipiche di ≈ 400 kbyte/s)
- ogni strumento collegato ha il suo indirizzo GPIB



Interfaccia IEEE-488 (GPIB)

Ognuno dei dispositivi collegati al bus può assumere uno dei **tre ruoli attivi (modalità)**:

- **LISTENER** (ascoltatore) ⇒ riceve i dati
- **TALKER** (parlatore) ⇒ trasmette i dati
- **CONTROLLER** (controllore) ⇒ gestisce il bus

Un dispositivo può anche assumere più di un ruolo. La minima configurazione richiede un controller e un *talker* o un *listener*. Esiste anche un **quarto ruolo** detto *idler* (ozioso) un cui il dispositivo è in fase di attesa



↳ In disuso → cavo scomodo ha ilusati GPIB → bisogna comprare (costo alto)
 ↳ PC di solito non ha

Interfaccia USB

↳ tutti i Pc hanno USB

↳ quella usata attualmente

L'*Universal Serial Bus* (USB) è uno standard di comunicazione seriale che consente di collegare diverse periferiche (fino a 127 compresi gli hub di connessione delle periferiche) tra di loro o a un computer.

- 1 **VBUS** ⇒ alimentazione (+5 V)
- 2 **D⁻** ⇒ "ricezione" dati
- 3 **D⁺** ⇒ "trasmissione" dati
- 4 **GND** ⇒ riferimento di massa

I dati sono **tensioni differenziali** con $\Delta V^{+} \approx +3V$ e $\Delta V^{-} \approx -3V$ per $\Delta V = (D^{+} - D^{-}) = 2.8 \div 3.6V$

Velocità di trasferimento dati:

- USB 1.0 ⇒ 1.5 Mbit/s
- USB 1.1 o 2.0 *full speed* ⇒ 12 Mbit/s
- USB 2.0 *high speed* ⇒ 480 Mbit/s

La trasmissione viene eseguita in modalità *half duplex* (monodirezionale alternata).



Interfaccia USB

Quando una periferica o un *hub* viene connesso alla struttura ad albero gli viene assegnato un indirizzo logico. Dopo essersi sincronizzato con il *clock* del ricevitore invia un stringa di bit indicando quale **tipo di trasferimento dati** desidera eseguire:

- 1 **Control** ⇒ operazioni di comando e stato
- 2 **Interrupt** ⇒ latenze garantite, pochi dati trasferiti
- 3 **Bulk** ⇒ latenze non garantite, trasferimento di un grosso pacchetto di dati
- 4 **Isochronous** ⇒ trasferimento continuo (*streaming*) di dati

Un **singolo cavo USB** può essere **lungo fino a 5 m**
 Collegando degli *hub* le **periferiche** possono trovarsi
 fino a **30 m dall'utilizzatore**

non adatti
ad un uso
industriale

Sulla connessione di alimentazione (VBUS) un PC può erogare fino a **500 mA di corrente a 5 V**. Grazie a ciò è possibile anche alimentare periferiche a "basso consumo" di potenza (**<2.5 W**)