



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA  
Sede distaccata di Mantova  
Laboratorio di RETI DI CALCOLATORI  
(Prof. Giuseppe Federico Rossi)

---

## **Guida all'hardware di rete**

**ad uso degli Studenti del Corso di RETI DI CALCOLATORI  
CdL I° livello in Ingegneria Informatica**

**Versione 0.5**

**Autore: Davide Mazza**

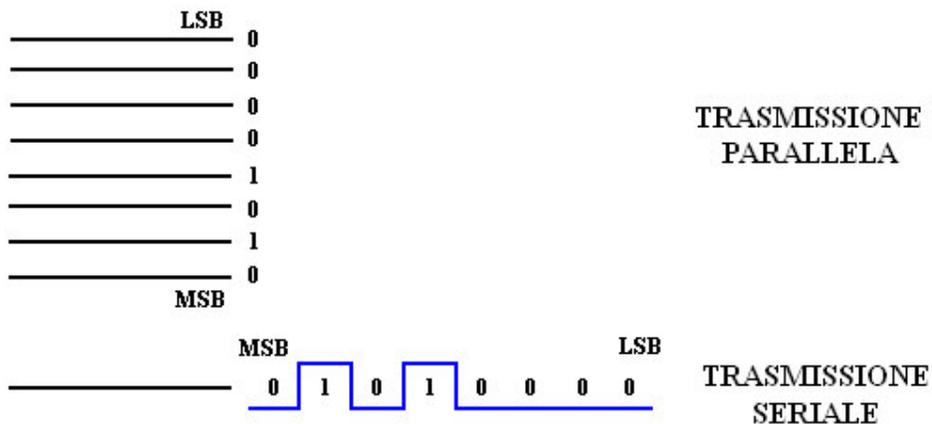
**Mantova, li 16/03/2004**

# GUIDA ALL'HARDWARE DI RETE

## INTRODUZIONE

Per permettere ad un computer di comunicare con i dispositivi (quali ad esempio stampanti, tastiere, mouse, scanner, ...) si usano le cosiddette “*porte di comunicazione*”o, più semplicemente, “*porte*”. Queste non sono altro che delle prese (o *socket*) in cui inserire i connettori (o *plug*) dei dispositivi da collegare all’elaboratore. Durante la comunicazione, il calcolatore manda verso le periferiche, o riceve da queste, delle sequenze di byte che assumono un determinato significato in base al “contesto” (comandi, dati, ...).

Esistono principalmente due modi di trasmettere i byte: è possibile mandare tutti i bit di un byte contemporaneamente su fili separati verso il dispositivo, oppure mandarli uno dopo l’altro su un unico filo. Nel primo caso (analogamente a quanto avviene per i bus interni al calcolatore) si ha quella che viene chiamata *trasmissione parallela*, in quanto i bit vengono appunto spediti contemporaneamente su più fili, e quindi in parallelo; nel secondo caso si ha una *trasmissione seriale*, poiché i bit vengono spediti, su un unico filo, uno per volta, uno dopo l’altro.



Le porte di comunicazione normalmente utilizzate sono diverse in base al modo di trasmettere. Sulla maggior parte dei computer attuali sono presenti almeno una *porta parallela* ed una *porta seriale*<sup>1</sup>, che servono per i relativi tipi di trasmissione. Porte diverse possono essere riconosciute per la diversa forma. Sia la parallela che la seriale hanno un connettore “*a vaschetta*”, ma ciò che cambia è il numero di piedini (*pin*) o di buchi, a seconda che il connettore sia maschio o femmina, per cui: la parallela ha un connettore femmina a 25 pin, chiamato *DB-25 (Data Bus a 25 fili)*, mentre la seriale può presentarsi secondo 2 modalità, con un connettore maschio a 9 o a 25 pin (il 25 pin è oramai superato).

Ogni pin delle porte ha un significato specifico, nel senso che trasporta segnali di significato diverso, utili a seconda del protocollo di comunicazione che si decide di utilizzare.

---

<sup>1</sup> Le porte seriali sono sempre meno diffuse in quanto stanno per essere rimpiazzate dalle *porte USB*, che permettono un tipo di comunicazione seriale più complesso, ma soprattutto più veloce rispetto alle seriali normali. Oramai non esiste calcolatore che non abbia almeno una porta USB e la maggior parte dei dispositivi attuali dispone di un’interfaccia USB ed è possibile trovare, ad esempio, PC portatili che sono provvisti di porte seriali.

Le porte parallele e seriali vengono usate attualmente per connettere i dispositivi all'elaboratore. Storicamente, però, sono state le prime ad essere usate per far comunicare due computer tra loro, in quanto i modi di trasmissione parallelo e seriale sono quelli più semplici a cui si può pensare per trasmettere l'informazione.

## Comunicazione sincrona e asincrona

Una trasmissione su un canale è detta **sincrona** quando la sincronizzazione tra le stazioni comunicanti avviene tramite un opportuno segnale di clock comune; tale segnale ha lo scopo di fornire la cadenza degli istanti in cui trasmettere i segnali e/o leggere i segnali.

In questo caso tra le stazioni deve esserci un filo dedicato sul quale transita il segnale di clock generato centralmente da una di queste.

Una comunicazione è detta **asincrona** nel momento in cui tra le stazioni del canale non vi è alcun segnale di clock. In questo caso è necessario accordarsi in fase iniziale riguardo alla velocità di trasmissione, di modo che mittente e destinatario la possano impostare localmente.

In una comunicazione asincrona è sicuro che i due clock lasciati indipendenti, non essendo perfetti, con il tempo si disallineino e per questo motivo necessitano di una continua sincronizzazione.

Tale sincronizzazione è ricavata dagli stessi segnali trasmessi ed avviene sfruttando i fronti di commutazione.

## Ruolo dei modem e distinzione DCE, DTE

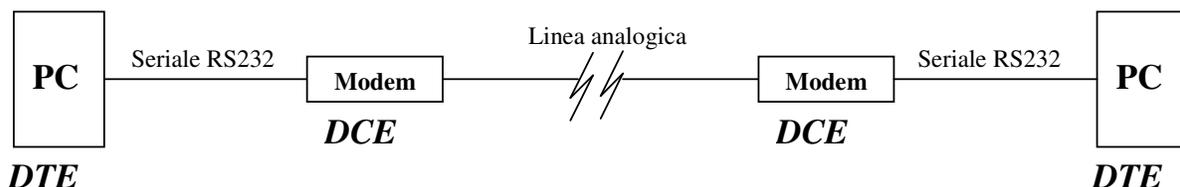
Quando i canali di trasmissione superano determinate distanze non è più possibile trasmettere i segnali numerici in banda base, bensì è necessaria una modulazione. Per tale motivo, nei sistemi di comunicazione, si distinguono i 2 seguenti tipi di apparati: DTE e i DCE.

I **DTE** (*Data Terminal Equipment*) sono i nodi di rete connessi ai canali di trasmissione. Per esempio: PC, Router, ... .

I **DCE** (*Data Communication Equipment*) sono quei dispositivi che si frappongono per permettere la trasmissione sul canale. I DCE adattano il segnale digitale alle caratteristiche del canale di modo che la comunicazione possa giungere a destinazione.

Un *modem* è un esempio di DCE in quanto permette, modulando/demodulando una serie di portanti, di far comunicare due DTE tra di loro.

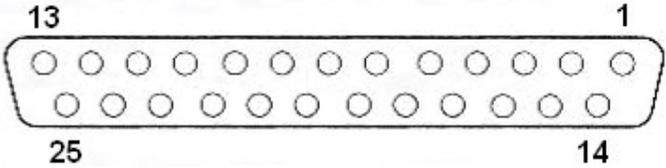
La figura seguente riporta uno schema di comunicazione tra 2 PC tramite linea analogica



## LA PORTA PARALLELA

La porta parallela si presenta come rappresentato in figura:

Piedino	Segnale
1	- STROBE ( - WRITE )
2	Dati 0
3	Dati 1
4	Dati 2
5	Dati 3
6	Dati 4
7	Dati 5
8	Dati 6
9	Dati 7
10	-ACK
11	BUSY ( - WAIT )
12	PE
13	SLCT
14	-AUTO FD ( -DSTRB )
15	-ERROR
16	-INIT
17	-SLCT IN ( - ASTRB )
18	Messa a terra
19	Messa a terra
20	Messa a terra
21	Messa a terra
22	Messa a terra
23	Messa a terra
24	Messa a terra
25	Messa a terra



I pin sono numerati da 1 a 25, come mostrato. Di seguito sono riportati la descrizione dei pin ed il loro significato, che è legato all'utilizzo della stampante, il primo dispositivo con cui la parallela è stata usata per comunicare.

<b>Piedino</b>	<b>Nome</b>	<b>Significato</b>	<b>Direzione (dall'elaboratore)</b>
1	STROBE	Segnala alla stampante che un byte è pronto per essere letto da questa. E' attivo basso.	OUT
2....9	D0....D7	I bit del byte da trasmettere.	OUT
10	ACKNOWLEDGE	Segnala all'elaboratore che il byte è stato letto: è possibile quindi passare all'eventuale byte successivo. E' attivo basso.	IN
11	BUSY	Segnale che la stampante è attualmente occupata e sta svolgendo qualche operazione.	IN
12	PAPER END	Comunica all'elaboratore la fine della carta nella stampante.	IN
13	SEL IN	Segnala che la stampante è attiva.	IN
14	AUTOFEED	Fa avanzare la carta.	OUT
15	ERROR	Segnala all'elaboratore una qualche condizione d'errore.	IN
16	INIT	Resetta la stampante.	OUT
17	SEL OUT	Segnala alla stampante che sta per iniziare un nuovo set di dati.	OUT
18....25	GND	Le masse dei segnali trasmessi	-

Come si vede la maggior parte dei piedini non prende parte alla vera e propria trasmissione di dati, serve solo per trasportare informazioni di servizio, utili per rendere possibile la comunicazione. Esistono 2 tipi di porte: monodirezionale e bidirezionale.

Se la porta è monodirezionale sono presenti cinque piedini di output uscenti dall'elaboratore, che permettono una comunicazione dati in una sola direzione<sup>2</sup>. Per questo motivo una porta monodirezionale non può essere usata per far comunicare due PC tra loro. Questo tipo di porta è detta *SPP (Standard Parallel Port)*.

Per rendere la porta bidirezionale, è stata introdotta la *EPP (Enhanced Parallel Port)* che, pur mantenendo la compatibilità con quella precedente, permette anche una comunicazione bidirezionale, sfruttabile sia con i dispositivi che con i calcolatori<sup>3</sup>. Per quanto ne riguarda la piedinatura ed il funzionamento, è sufficiente dire che i byte vengono trasmessi e ricevuti in entrambe le direzioni tramite i pin dal 2 al 9, mentre il pin 1 specifica se si tratta di byte in input (1) o di output (0); è da notare che tale pin è sempre attivo basso per mantenere la compatibilità con la SPP.

Nella prima tabella di questo paragrafo è possibile notare tra parentesi il differente significato che alcuni piedini hanno nella comunicazione EPP, piuttosto che SPP: il nome tra parentesi è il significato del segnale nella porta EPP.

Con la bidirezionalità, è possibile connettere due calcolatori. Nell'effettuare la connessione, bisogna tenere presente che le parallele dei due elaboratori sono una speculare all'altra, perciò bisogna connettere i pin di un elaboratore con gli equivalenti sull'altro. Per fare ciò si utilizza un *cavo incrociato* (o *cross cable*).

<sup>2</sup> Un modo per rendere la porta bidirezionale potrebbe essere quello di far comunicare il dispositivo con l'elaboratore utilizzando gli unici 5 piedini in INPUT e spendendo due *nibble* (ogni nibble sono 4 bit) per ogni byte. In questo modo sarebbe possibile usare 4 bit per i nibble ed il quinto usarlo per indicare se quella che si sta trasmettendo è la parte alta o bassa del byte. Certo questo metodo è un po' tortuoso, e sicuramente non è il migliore nell'uso della parallela per la comunicazione tra calcolatori.

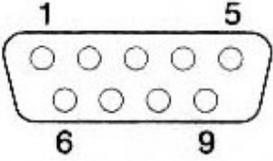
<sup>3</sup> In realtà esiste un ulteriore tipo di parallela chiamata *ECP*, più complessa della *EPP*, la cui descrizione va oltre gli scopi di questo documento.

Il cavo incrociato parallelo prende anche il nome di *null-printer*.

La comunicazione mediante parallela ha una discreta velocità di trasmissione. Il fattore limitante è che non è possibile avere cavi troppo lunghi, in quanto le capacità e le induttanze parassite, che aumentano all'aumentare della lunghezza del cavo, renderebbero troppo disturbata, e quindi praticamente impossibile, la comunicazione.

## LA PORTA SERIALE

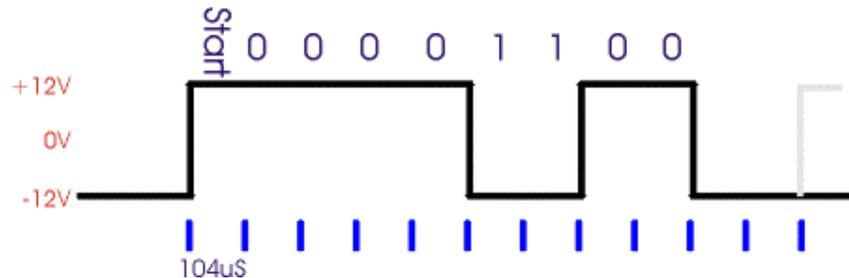
Originalmente la porta seriale si presentava con un connettore DB-25 maschio. Nei computer odierni, la seriale presenta un connettore DB-9 maschio, come mostrato in figura:

Piedino	Segnale	
1	Rilevazione trasferimento dati	<p>Immagine del connettore Seriale a 9 Contatti</p> 
2	Ricezione Dati	
3	Trasmissione Dati	
4	Terminale Dati pronto	
5	Messa a terra segnale	
6	Insieme Dati pronto	
7	Richiesta Invio	
8	Pronto all'invio	
9	Indicatore Acustico	

Il significato dei vari pin è riportato nella tabella che segue:

Piedino	Nome	Significato	Direzione (dall'elaboratore)
1	DATA CARRIER DETECT (DCD)	Segnala la presenza della linea di trasmissione.	IN
2	RxD	Bit in ricezione	IN
3	TxD	Bit in trasmissione	OUT
4	DATA TERMINAL READY (DTR)	Quando il PC è collegato per la prima volta, pone alto DTR	OUT
5	GND	Massa	-
6	DATA SET READY (DSR)	Una volta che il PC ha alzato il DTR, la periferica risponde ponendo alto DSR	IN
7	REQUEST TO SEND (RTS)	Quando il PC inizia la trasmissione pone RTS alto	OUT
8	CLEAR TO SEND (CTS)	Una volta che il PC ha alzato RTS, la periferica risponde, quando pronta, ponendo CTS alto. Per interrompere la trasmissione la periferica pone CTS basso.	IN
9	RING INDICATOR (RI)	Indicatore di chiamata	IN

Esiste uno standard di porta seriale, chiamato RS-232<sup>4</sup>. Questo standard stabilisce le caratteristiche del supporto fisico e del segnale elettrico di una seriale asincrona. In figura un esempio di comunicazione seriale RS232:



Come si vede, il segnale è gestito secondo una logica negativa, ovvero assume il potenziale più alto per il valore logico 0. Ogni bit ha una durata fissata (tempo di bit), che dipende dalla velocità di trasmissione. Nel caso di velocità pari a 9600 bps, il tempo di bit è di 104 µs (1/9600). Normalmente la linea di trasmissione è bassa, ovvero il segnale è a livello 1. Il segnale seriale asincrono inizia sempre con un *bit di start* che, portando la linea ad un livello logico zero, ha il compito di informare chi riceve dell'inizio della trasmissione di un byte. Seguono poi i bit del byte da trasmettere: il primo ad essere trasmesso è il bit LSB<sup>5</sup>, poi il secondo e così via fino al MSB<sup>6</sup>. Alla fine della trasmissione del byte, può esserci un *bit di parità*, che serve a verificare la correttezza del dato trasmesso.

La parità può essere *pari (even)*, o *dispari (odd)*, è applicata ad ogni singolo byte ed è relativa al numero di bit a 1 trasmessi.

In base alla parità scelta, il bit di parità avrà lo scopo di rendere pari (o dispari) il numero di bit a 1 del byte considerato.

Per chiudere la trasmissione viene usato un *bit di stop* che ha un livello fisico di -12V e può avere la durata di 1, 1.5 o 2 (tempi di) bit. Questo procedimento viene seguito per la trasmissione di ogni byte.

Ovviamente, prima dell'inizio della comunicazione, sia trasmettitore che ricevitore devono accordarsi sulla velocità di trasmissione, sulla presenza o meno del bit di parità e sulla lunghezza del bit di stop, informazioni necessarie per una corretta interpretazione dei dati.

Trasmettitore e ricevitore possono non essere sempre sincronizzati durante la comunicazione: per risolvere il problema, ad ogni fronte (di salita o di discesa) del segnale avviene la risincronizzare della comunicazione.

Per indicare i parametri di trasmissione si usa un formalismo specifico, ad esempio:

“8N1” significa 8 bit per byte<sup>7</sup>, nessuna parità, 1 bit di stop.

Anche tramite una porta seriale è possibile mettere in comunicazione due PC mediante un *cavo incrociato seriale*, detto anche *Null-Modem*.

La velocità di comunicazione seriale può andare da 300 bps fino a 115200 bps, velocità molto superiori rispetto a quelle raggiunte da una parallela.

<sup>4</sup> Esistono modelli di porta seriale compatibili con l'RS-232, indicati con RS-232C. Inoltre l'RS-232 non è l'unico standard. Comunque, oggi, le porte RS-232 e compatibili sono quelle più usate.

<sup>5</sup> Least Significant Bit

<sup>6</sup> Most Significant Bit

<sup>7</sup> Possono essere usate infatti altre lunghezze di byte: per esempio, un'altra lunghezza diffusa, almeno agli inizi, era 7 bit ogni byte.

Inoltre, la seriale permette comunicazioni a distanze maggiori (qualche chilometro), per questi motivi è diventata uno standard di comunicazione molto diffuso.

Infatti la maggior parte dei metodi di comunicazione utilizzati sono sostanzialmente seriali.

Nei calcolatori, ed in tutti quei dispositivi che montano almeno una seriale, è presente un integrato chiamato *UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)* che implementa il livello fisico della comunicazione.

L'UART si occupa della conversione dei dati da trasmettere da parallelo (come usati all'interno dei calcolatori) a seriale e opportunamente configurato gestisce la velocità di trasmissione, la parità e il bit di stop. In pratica si occupa di tutta la trasmissione.

## L'HARDWARE PER LE RETI LAN

Le reti LAN non usano le porte parallele o seriali.

Le reti LAN utilizzano una comunicazione *seriale sincrona*, opportunamente spiegata nel corso di Reti di Calcolatori.

Per mettere due computer in rete si usa un hardware particolare chiamato *scheda di rete* o *NIC (Network Interface Card)*. Ciò che interessa, per gli scopi di questo documento, è il modo in cui due o più calcolatori vengono tra loro connessi, ovvero le tipologie di connettori e di cavi che permettono di collegare tra di loro due o più calcolatori.

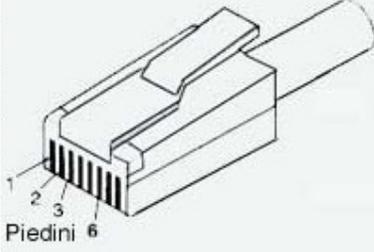
## I connettori

Esistono diversi tipi di connettori; i connettori di rete sono determinati dal tipo di cablaggio dal quale dipendono anche le schede di rete (certe schede supportano anche più tipi di connettori).

### Il connettore RJ-45

Il connettore attualmente più diffuso è l'*RJ-45*. E' più grande, ma del tutto simile allo spinotto presente in un cavo telefonico<sup>8</sup>.

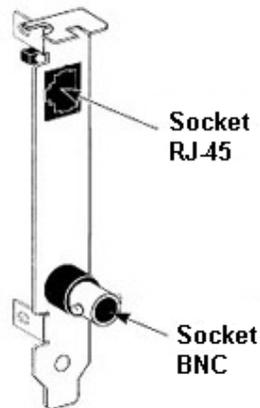
Appunto perché più grande il connettore RJ-45 presenta otto fili, contro i quattro del cavo telefonico. E' un connettore ad incastro e presenta una linguetta usata per l'estrazione dalla presa (socket). Viene usato nelle reti Ethernet e per i cavi di collegamento alle reti ISDN.

Pin	Segnale	Immagine del connettore
1	Trasmissione dati +	
2	Trasmissione dati -	
3	Ricezione dati +	
4	Riservato	
5	Riservato	
6	Ricezione dati -	
7	Riservato	
8	Riservato	

<sup>8</sup> Il connettore per le linee telefoniche si chiama *RJ-11*.

## Il connettore BNC

Il connettore *BNC*<sup>9</sup> è utilizzato nelle reti Ethernet realizzate con cavo coassiale sottile (*Thin Ethernet*). Lo spinotto del BNC è circolare e presenta al centro un piedino, che è quello in cui passa il segnale.

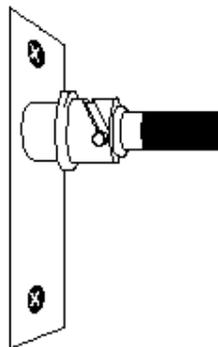


Per effettuare il collegamento di un connettore BNC tra la scheda di rete ed il cavo è necessario inserire il maschio nella femmina e ruotare lo spinotto di 90 gradi, in questo modo viene bloccata la connessione.

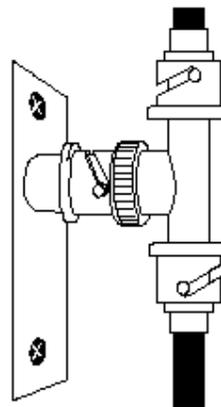
Per collegare più computer tramite cavo coassiale è necessario realizzare un cablaggio ad anello che tocca tutte le schede di rete.

In questo caso ogni scheda deve essere connessa con le due a lei adiacenti tramite l'utilizzo di un *connettore a T*, sempre di tipo BNC (vedi figura).

**Connettore BNC semplice**  
(per il collegamento tra 2 soli PC)



**Connettore BNC a T**  
(per il collegamento in rete di più PC)

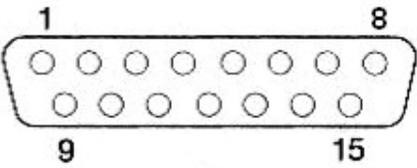


<sup>9</sup> Dell'acronimo BNC non si conosce con precisione il significato: quello più accreditato è *Bayonet Neill Concelman*, dal nome del suo inventore.

## Il connettore AUI a 15 pin

Il terzo tipo di connettore che è possibile trovare sulle schede di rete è l'AUI a 15 pin (Attachment Unit Interface). E' il connettore più facile da riconoscere perché si presenta come un connettore a vaschetta a 15 pin, femmina, noto anche come *DB-15*, simile a quello delle porte joystick.

Piedino	Segnale
1	Messa a terra segnale
2	Controllo in circuito A
3	Dati out circuito A
4	Messa a terra segnale
5	Dati in circuito A
6	Voltaggio comune
7	- (Not used)
8	Messa a terra segnale
9	Controllo in circuito B
10	Dati out circuito B
11	Messa a terra segnale
12	Dati in circuito B
13	+12 V DC
14	Messa a terra segnale
15	Messa a terra segnale



Questo connettore viene usato per le reti Ethernet cablate con cavo spesso (*Thick Ethernet*).

## I cavi

I cavi sono il vero e proprio mezzo di trasporto dei segnali. I tipi di cavi più usati sono due: *a coppia intrecciata (twisted pair)* e il *cavo coassiale*. A questi si sta aggiungendo la *fibra ottica*. I primi due vengono utilizzati per trasportare segnali elettrici, la terza segnali luminosi (luce).

Ci sono diversi standard e vari parametri che i cavi devono rispettare, in base anche al tipo di applicazione per cui sono usati e all'ambiente di lavoro.

### I cavi a coppia intrecciata

Un cavo a coppia intrecciata si compone di due fili di rame isolati e tra loro intrecciati. L'intreccio permette di proteggerli dal problema della *diafonia* e dalla distorsione della comunicazione che può essere prodotta da cavi vicini. Ci sono cavi che hanno una sola coppia (intrecciata), ma è più frequente che siano due, quattro o più le coppie legate insieme e racchiuse in un rivestimento protettivo.

I cavi possono essere ulteriormente schermati dalle interferenze (*STP, Shielded Twisted Pair*) o non avere ulteriore schermatura (*UTP, Unshielded Twisted Pair*). Il secondo, più diffuso perché più economico, permette segmenti non più lunghi di 100 metri e generalmente ha prestazioni inferiori rispetto a quello schermato.

Esistono cinque categorie standard per i cavi a coppia intrecciata non schermati:

*Categoria 1:* UTP per il trasporto di audio, ma non di dati; tipica dei cavi telefonici;

*Categoria 2:* UTP per il trasporto di dati fino a 4 Mbps; usato in alcune reti ad anello;

*Categoria 3:* UTP per il trasporto di dati fino a 10 Mbps; usato su Ethernet a 10 Mbps;

*Categoria 4:* UTP per il trasporto di dati fino a 16 Mbps; usato su reti Token Ring;

*Categoria 5:* UTP per il trasporto di dati fino a 100 Mbps; usato su reti Ethernet fino a 100 Mbps;

*Categoria 6:* UTP per il trasporto di dati fino a 1 Gbps; usato su reti Gigabit Ethernet;

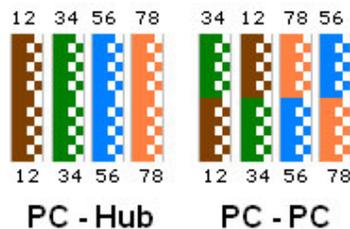
Il cavo a coppia intrecciata viene usato con un connettore di tipo RJ-45, che viene, per questo motivo, chiamato anche *doppino*.

Questo cavo viene usato sia per connettere tra di loro due PC in modo diretto che per connettere un PC ad una rete già esistente. Nel primo caso si usa un *cavo incrociato*, per la necessità di incrociare i fili già prima messo in evidenza quando si è parlato della comunicazione parallela e seriale, per cui dove un PC trasmette, l'altro riceve e viceversa.

Nel secondo caso si usa un *cavo diritto*, ovvero che non presenta incroci tra i fili di trasmissione e ricezione: questo può essere usato per la connessione diretta ad hub e switch, o a prese da muro.

La figura seguente riporta la convenzione secondo la quale devono essere connesse le 4 coppie di cavi colorati, per creare un cavo diritto (PC-Hub) o un cavo incrociato (PC-PC).

I numeri riportati in figura sono riferiti alla piedinatura dei connettori RJ-45.



### I cavi coassiali

I cavi coassiali sono rotondi e flessibili, solitamente avvolti in un involucro di plastica di colore nero o grigio chiaro. Se si seziona una parte di cavo coassiale, si trovano almeno quattro elementi distinti, come riportato in figura:



Al centro c'è un filo di rame, il conduttore del segnale. Il rivestimento del filo crea un primo strato isolante (*dielettrico*), fatto di PVC o di Teflon. All'esterno dello strato isolante c'è una maglia intrecciata di rame e alluminio, che forma una fodera protettiva attorno al filo conduttore e al suo isolante. Questo strato protegge il segnale trasmesso dall'interferenza elettromagnetica che può distorcere il segnale trasmesso. Infine, all'esterno c'è il vero e proprio involucro complessivo, fatto di materiale plastico, ad esempio di PVC.

Anche per i cavi coassiali esistono diversi standard. Quelli più conosciuti, nell'ambito delle reti, sono quelli usati nel cablaggio di reti Ethernet:

- il cablaggio di tipo *sottile* (per la *Thin Ethernet*) usa cavi di 0,95 cm di sezione, noti come *RG-58*. Può trasportare un segnale per circa 185 metri, prima che il segnale inizia ad attenuarsi;
- il cablaggio di tipo *spesso* (per la *Thick Ethernet*) usa cavi di 1,27 cm di sezione, noti come *RG-8*. Può trasportare un segnale per circa 500 metri e viene usato per interconnettere reti Thin Ethernet tra loro separate;