

Il livello fisico

Parte VI

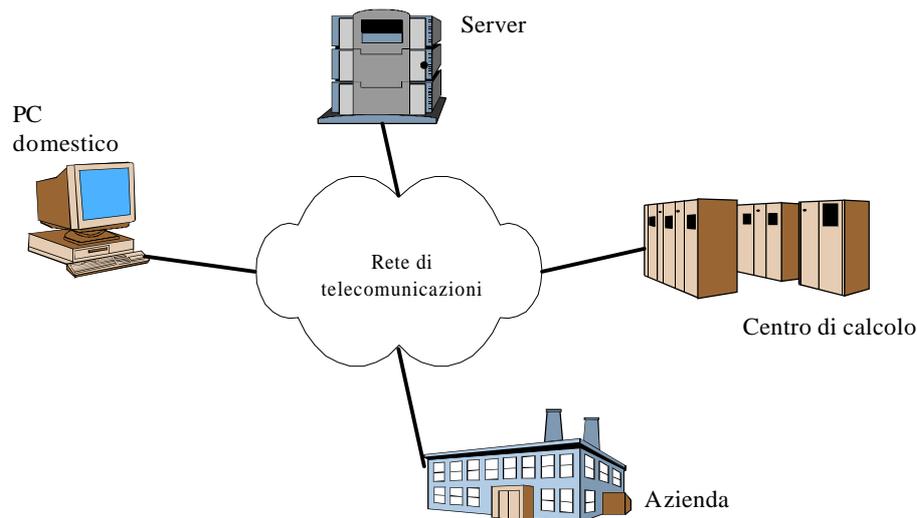
TRASMISSIONE DATI.....	1
<i>Introduzione: uso della rete telefonica pubblica</i>	1
Rete ISDN (cenni).....	5
<i>Disturbi di trasmissione e necessità della “ridondanza”</i>	6
<i>Rete commutata e dedicata</i>	7
Collegamento punto-punto su rete dedicata.....	8
Collegamento multipunto su rete dedicata	9
<i>Trasmissione seriale</i>	10
Trasmissioni seriali sincrone.....	10
Trasmissioni seriali asincrone	11
Interfaccia seriale EIA RS232-C	13
Interfacce RS-422-A e RS-423-A	14

Trasmissione dati

Introduzione: uso della rete telefonica pubblica

Possiamo genericamente intendere con la terminologia “**trasmissione dati**” l'insieme delle tecniche hardware e software utilizzate nella propagazione a distanza d'informazioni digitali. Questo presuppone che a scambiarsi le informazioni siano due o più *sistemi d'elaborazione*, che generalmente prendono il nome di **DTE** (*Data Terminal Equipment*). Tali DTE utilizzano un'opportuna **rete di comunicazione** su cui far viaggiare i dati: d'ora in poi, ci riferiremo specificamente all'uso di *mezzi guidanti* (doppini intrecciati, cavi coassiali, fibre ottiche), trascurando invece la trasmissione senza filo.

Una banale schematizzazione di una rete di comunicazione è quella riportata nella figura seguente:



Schema di principio di una rete di telecomunicazioni usata per lo scambio di informazioni digitali tra due o più DTE. I DTE possono essere di vario tipo, appartenenti a "contesti" anche molto diversi: ad esempio, un PC domestico può collegarsi ad un server (tipicamente quello di un Internet Provider), ad un centro di calcolo (Università, Centri di ricerca, ecc.) oppure ad una azienda (ad esempio un impiegato preleva dei dati dal proprio ufficio e li usa a casa propria)

In genere, ci si riferisce a *sistemi d'elaborazione* posti in località diverse e distanti tra loro, per cui è difficilmente ipotizzabile la stesura diretta di un certo numero di cavi di collegamento tra le varie stazioni. Non solo, ma la trasmissione deve essere necessariamente di tipo **seriale**: ciò significa che i bit che compongono i byte da trasmettere vanno inviati sequenzialmente, uno per volta, e non tutti e otto contemporaneamente (1).

Per questi motivi, nelle comunicazioni a grandi distanze si utilizza solitamente la **rete telefonica pubblica**, che ha un grandissimo pregio: consente il collegamento ad un qualsiasi altro punto nel mondo, dato che le sue infrastrutture sono state installate e progressivamente estese nell'arco di decenni di "vita operativa".

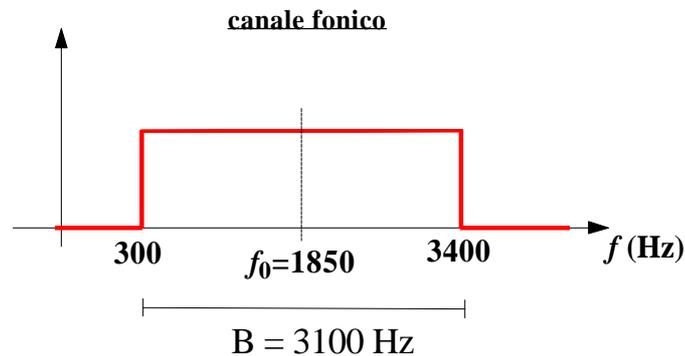
In ogni nazione, ci sono uno o più **gestori** della rete telefonica pubblica, ai quali pagare un determinato *canone* per ottenere l'accesso ai mezzi trasmissivi: al momento della scrittura di queste pagine, l'unico gestore italiano è *Telecom Italia*, ma sembra ormai prossimo il momento in cui anche altri soggetti saranno in grado di portare i propri servizi di telefonia fissa fino a casa dell'utente (2).

Nel momento in cui si decide di utilizzare la rete telefonica pubblica (nota anche con l'acronimo **PSTN**, ossia *Public Switched Telephone Network*) per la trasmissione

¹ In realtà, esiste anche la **trasmissione parallela**, che però è utilizzabile solo tra elementi vicini di uno stesso sistema (ad esempio microprocessore e memoria centrale di un PC) o tra apparecchiature distanti tra loro non più di qualche metro (ad esempio PC e stampante).

² Ci si riferisce alla cosiddetta *liberalizzazione dell'ultimo miglio* (detto **local loop**), cioè alla possibilità per tutte le compagnie telefoniche di gestire i collegamenti delle abitazioni alle centrali, finora esclusiva di Telecom Italia.

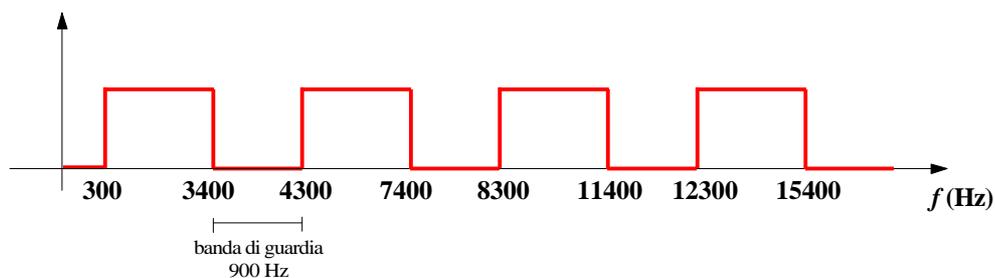
digitale, il principale problema da affrontare è l'adattamento del segnale digitale (in uscita dal DTE) alle linee telefoniche: infatti, le **tradizionali linee telefoniche**, proprio per il fatto di essere state inizialmente ideate solo per la *trasmissione di conversazioni*, hanno notoriamente una banda passante compresa tra **300 Hz e 3400 Hz** (si parla di **canale fonico**) e l'ampiezza di tale banda (3100 Hz) è talmente piccola che non si può decisamente pensare di trasmettere "direttamente" i segnali digitali, in quanto, in base al *teorema di Shannon*, si dovrebbero adottare velocità di trasmissione estremamente basse.



Banda passante (ideale) di un canale fonico: sono ammesse solo le componenti di frequenza compresa tra 300 e 3400 Hz

L'assenza della regione 0÷300 Hz è legata alla presenza, all'interno del telefono, di un trasformatore (detto **ibrido**) che di fatto impedisce la trasmissione di frequenze molto basse.

L'assenza della regione superiore ai 3400 Hz deriva invece dalla necessità, nel caso in cui più canali telefonici siano *multiplati in frequenza* su un unico mezzo trasmissivo, di poter separare tra loro i canali contigui mediante dei **filtri** che, per essere economicamente realizzabili, devono presentare una *regione di transizione* di estensione minore od uguale alla cosiddetta **banda di guardia** tra i canali:



Schematizzazione della multiplazione in frequenza di diversi canali fonici

Se la banda di guardia non fosse di 900 Hz ($300+(4000-3400) = 900$ Hz), all'uscita di ciascun *filtro di canale* si troverebbe anche parte del segnale di un canale contiguo, producendo una **interferenza** tra messaggi diversi e quindi una degradazione inaccettabile del servizio.

Per aggirare il problema dell'inadeguatezza delle linee telefoniche alla trasmissione digitale, si scelgono attualmente due soluzioni:

- la prima soluzione, quella quasi universalmente adottata fino a poco fa, consiste nel *modulare* una **portante analogica**, a frequenza compresa tra 300 Hz e 3400 Hz, tramite il segnale digitale da trasmettere; il risultato della modulazione è trasmesso sulla rete telefonica come un normale *segnale fonico*, cioè analogico, che viene poi *demodulato* quando raggiunge il ricevitore. Le operazioni di **modulazione** e **demodulazione**, insieme con altre complesse funzioni di *controllo*, *codifica* e *compressione dei dati*, sono svolte da un *dispositivo di comunicazione* (brevemente **DCE**, *Data Communication Equipment*) denominato **MODEM** (MODulatore DEModulatore):



*Collegamento di due DTE tramite rete telefonica pubblica tradizionale (che cioè usa solo canali fonici). L'interfaccia tra il DTE e la rete è costituita dal **modem** (in generale dal DCE)*

- la seconda soluzione, che sta prendendo sempre più piede al giorno d'oggi grazie ad un radicale calo dei costi di installazione ed esercizio, consiste nell'utilizzare reti adatte a trasmettere segnali numerici, come, ad esempio, la rete **ISDN** (*Integrated Service Digital Network*) oppure la più recente **ADSL** (*Asymmetric Digital Subscriber Line*). Anche in questo caso, naturalmente, il terminale dei dati (DTE) deve essere collegato alla rete attraverso un particolare *dispositivo d'interfaccia* (DCE): ad esempio, nel caso di *allaccio* alla rete ISDN, sul PC viene montato il cosiddetto **TA** (*terminal adapter*), che non è più un modem (in quanto non effettua processi di modulazione e/o demodulazione), ma si occupa comunque di "interfacciare" i segnali forniti dal PC alle linee utilizzate per la trasmissione. Le **reti numeriche** sono

espressamente progettate per operare ad elevate velocità e con bassi tassi d'errore. Un semplice collegamento tra due DTE che sfruttano una rete numerica è dunque quello riportato nella figura seguente:



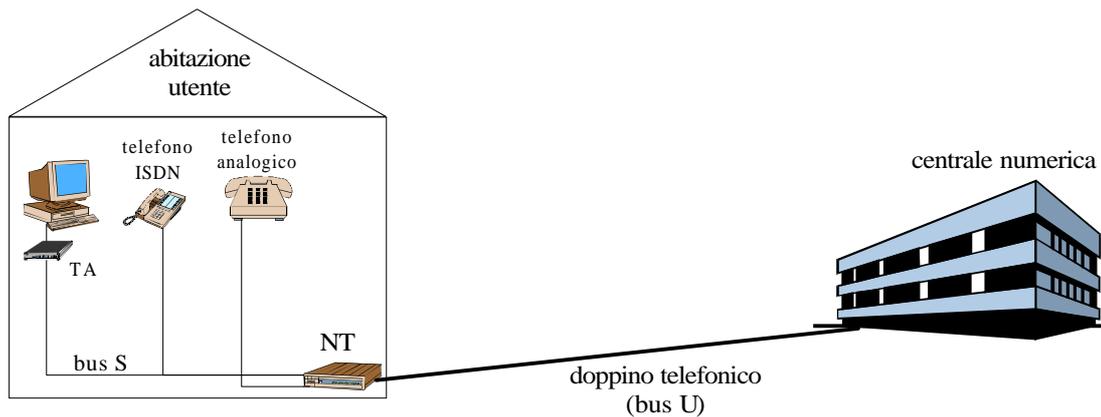
*Collegamento di due DTE tramite rete numerica pubblica (ad esempio ISDN):
l'interfaccia tra il DTE e la rete è costituita da un apposito circuito di interfaccia (DCE).
Nel caso della rete ISDN, il DCE prende il nome di Terminal Adapter*

Rete ISDN (cenni)

E' importante sottolineare un aspetto a proposito di quanto detto nel precedente paragrafo: il collegamento del PC domestico alla **rete ISDN** avviene sempre sullo stesso doppino telefonico usato dalla rete telefonica pubblica analogica (ossia non vengono posati nuovi cavi); esistono tuttavia due differenze fondamentali:

- la prima è che, come detto, il PC viene dotato una scheda (detta **TA**, *Terminal Adapter*), interna o esterna, che a sua volta viene collegata, tramite un **cavetto ISDN**, alla cosiddetta **NT** (*Network Termination*), volgarmente nota come *borchia*; quest'ultima è una "scatoletta" che viene sistemata in casa dell'utente, normalmente in corrispondenza della prima presa telefonica, e che si collega direttamente al tradizionale doppino telefonico (detto **bus U**) che va fino alla centrale. La funzione della "borchia" è quella di adattare, al doppino in uscita, il segnale digitale proveniente dal TA, senza però operazioni di modulazione/demodulazione (il che significa che il segnale trasmesso, in questo caso, rimane comunque digitale);
- la seconda differenza è che viene allargata la banda passante del filtro che, in centrale, "riceve" il doppino telefonico proveniente dall'utente, in modo da estendere la banda a disposizione e quindi consentire data rate sufficientemente elevati.

Il tutto è schematizzato nella figura seguente:



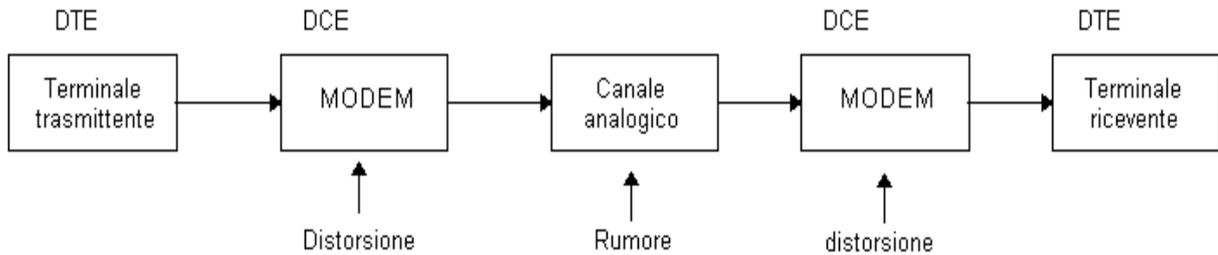
Schema semplificato di "allaccio" di un impianto telefonico/dati domestico alla rete ISDN: se è presente un unico dispositivo da collegare alla "banchina" (NT), ad esempio un computer, il collegamento viene effettuato tramite un apposito "cavetto ISDN"; se invece più dispositivi devono usare la banchina (ad esempio un computer, un telefono ISDN ed un telefono analogico tradizionale), allora è necessario collegare tali dispositivi al cosiddetto "bus S" e quest'ultimo alla banchina, come riportato in figura

Tutto questo per dire che le limitazioni al data rate ottenibile con la rete pubblica non sono dovute tanto all'inadeguatezza delle linee usate (i doppini), quanto alle scelte commerciali e/o tecnologiche che hanno portato i gestori all'uso dei suddetti filtri di canale nelle centrali.

Disturbi di trasmissione e necessità della "ridondanza"

Abbiamo già osservato in precedenza che, durante la trasmissione, ogni segnale segnale subisce distorsioni varie, dovute alla *non idealità* del trasmettitore, del canale di trasmissione e del ricevitore, nonché al *rumore* recepito dal canale di trasmissione: la **distorsione** propriamente detta consiste nell'alterazione non voluta del segnale, mentre invece il **rumore** è un disturbo (che si aggiunge al segnale) costituito sia da elementi casuali sia da elementi deterministici (come le diafonie e le intermodulazioni, il rumore termico, i disturbi atmosferici, l'alterazione delle caratteristiche dei componenti per invecchiamento e/o riscaldamento). Per tutti questi motivi, conviene proteggere i dati che vengono trasmessi, introducendo la cosiddetta **ridondanza**: in pratica, attraverso tecniche più o meno sofisticate di **codifica del segnale**, la sequenza originale di bit di informazione emessa dalla sorgente viene integrata tramite ulteriori bit in posizione opportuna e di valore opportuno, in modo che, in sede di ricezione, sia possibile, entro certi limiti, rilevare e correggere eventuali quanto inevitabili errori verificatisi durante la trasmissione.

Nella figura seguente è allora mostrato lo schema di principio di un **sistema di trasmissione dati** che collega due dispositivi terminali DTE tramite due modem:



Schema di principio di un sistema di trasmissione dati che utilizza un canale analogico

In generale, mentre il DTE emette semplicemente la sequenza di **bit di informazione**, il DCE (in questo caso il modem) si occupa prima di introdurre la ridondanza (tramite la cosiddetta **codifica di canale**) e poi di generare il segnale da trasmettere materialmente sul canale di trasmissione. Uno schema a blocchi più dettagliato dovrebbe perciò prevedere, al posto del semplice modem in trasmissione, un **codificatore di canale** (che introduce la ridondanza sulla sequenza fornitagli dalla sorgente) e poi un **trasmettitore** vero e proprio, così come il modem in ricezione andrebbe sostituito da un **ricevitore** propriamente detto e, a valle, un **decodificatore di canale**: quest'ultimo sfrutta la ridondanza per rilevare e eventualmente correggere gli errori di trasmissione, in modo da fornire alla destinazione la stessa sequenza di bit (entro certi limiti) generata dalla sorgente.

Rete commutata e dedicata

L'utilizzo del modem per la trasmissione dei dati può avvenire sulla **rete telefonica pubblica commutata** (brevemente **RC**) o sulla **rete telefonica pubblica dedicata** (brevemente **RD**). Vediamo le caratteristiche salienti delle due possibilità, a cominciare dalla rete commutata.

Nel caso di utilizzo della rete pubblica commutata (**PSTN**, Public Switched Telephone Network), il modem si collega alla normale *presa telefonica* attraverso un'attivazione automatica (inizialmente era manuale, ma i tempi sono decisamente cambiati!) e la trasmissione avviene dopo aver selezionato via software un certo numero di parametri (tra cui ovviamente il numero di telefono del destinatario, che potrà essere il computer di un amico oppure quello di un Internet Provider); il modem del

destinatario (che deve trovarsi in *risposta automatica* per poter accedere direttamente alla chiamata) riceve le informazioni provenienti dalla linea.

I vantaggi della RC consistono nel basso costo d'esercizio e nella grande flessibilità, in quanto è possibile collegarsi con chiunque possieda un modem. Uno svantaggio è invece la relativa lentezza di funzionamento, data la modesta qualità della linea telefonica commutata di cui abbiamo parlato prima.

In questi ultimi anni, comunque, la rete telefonica commutata si è trasformata quasi del tutto da analogica in numerica e il canale di trasmissione che collega le attuali centrali è in fibra ottica. Questo ha comportato un notevole miglioramento della qualità della trasmissione, che ha incoraggiato molti utenti, soprattutto privati, all'uso di modem ad elevata velocità (fino ai **56600 bps**, limite praticamente invalicabile!) con basso tasso d'errore. In talune località, è inoltre in fase di realizzazione il collegamento in fibra ottica tra le centrali telefoniche e gli *armadi di distribuzione* sui quali si collegano i cavi provenienti dalle singole abitazioni.

Collegamento punto-punto su rete dedicata

Nel caso l'utente decida di eseguire un collegamento tramite **rete telefonica dedicata** (RD), il collegamento è di tipo **punto-punto**, ossia con un solo altro utente:



Collegamento punto-punto tramite linea dedicata

Il contratto che si stipula con il gestore della rete (ad esempio Telecom Italia) prevede generalmente solo una spesa fissa annuale, che non dipende dalla durata della comunicazione e/o dal volume di dati scambiato. Per brevi distanze, ad esempio all'interno di un edificio, si può invece realizzare una RD privata gestita dall'utente stesso.

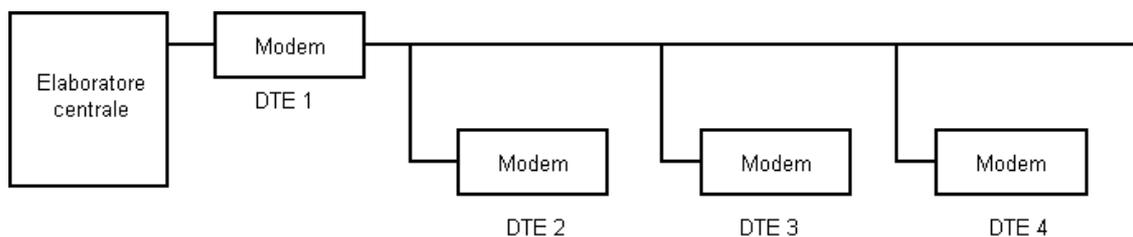
I vantaggi della RD consistono sostanzialmente nello scarso disturbo, che consente perciò un'elevata velocità di funzionamento: infatti, ricordiamoci sempre che il *teorema di Shannon* dice che, a parità di banda a disposizione, il bit rate è

tanto maggiore quanto maggiore è il rapporto S/N all'uscita del canale e questo, a parità di potenza di segnale, cresce al diminuire del disturbo.

Uno svantaggio della RD è invece il costo generalmente elevato. L'utente che deve effettuare le trasmissioni verso una sola destinazione, per un numero d'ore giornaliere piuttosto elevato, può trovare comunque conveniente, anche sotto il profilo della spesa, l'utilizzo della RD. Non a caso, le reti dedicate sono utilizzate da utenti che sviluppano un grande traffico telefonico, come ad esempio banche, industrie, ecc.

Collegamento multipunto su rete dedicata

In questo caso, una sola linea collega tra loro più dispositivi. E' una struttura basata su un *elaboratore centrale* (detto **master**), dotato di un proprio modem, collegato ad una linea alla quale sono connessi, tramite modem, vari *DTE remoti* (detti **slave**):



Schema di principio del collegamento multipunto tra un elaboratore centrale e più dispositivi periferici, tramite l'utilizzo di modem.

La linea può essere utilizzata da una sola coppia d'apparecchiature per volta, per cui si rende necessario un *protocollo* (cioè un insieme di regole precise) che stabilisca l'accesso alla linea da parte dei vari DTE: si parla di **protocollo di accesso multiplo** e ne esistono un numero abbastanza grande di versioni ⁽³⁾; in molte situazioni, l'elaboratore centrale esegue il **polling** (interrogazione) delle varie stazioni, chiedendo a tutte, secondo un ordine prestabilito, se hanno qualcosa da trasmettere; non appena una stazione risponde positivamente al polling, le viene concessa l'autorizzazione a trasmettere ed i dati da essa inviati sul canale vengono ricevuti indistintamente da tutte le stazioni, ma vengono accettati solo dalla stazione destinataria.

³ Si tratta di un argomento vastissimo, che però esula dagli scopi di questo documento.

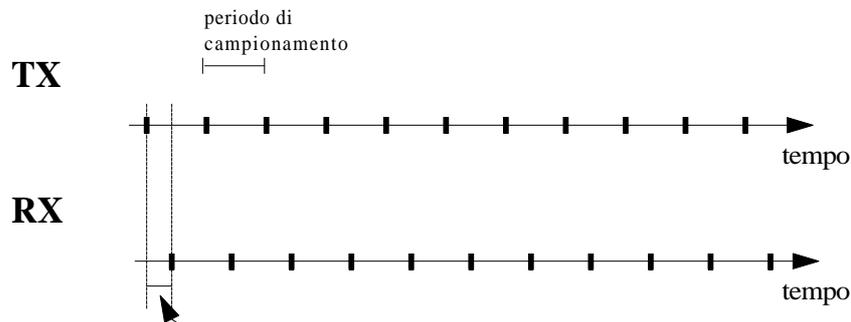
Trasmissione seriale

Nella **trasmissione seriale**, il collegamento fra trasmettitore e il ricevitore si può realizzare con un minimo di due fili: il primo rappresenta la linea su cui viaggiano i bit, l'altro il *filo di massa* (o *filo di ritorno*).

Le trasmissioni seriali si dividono in:

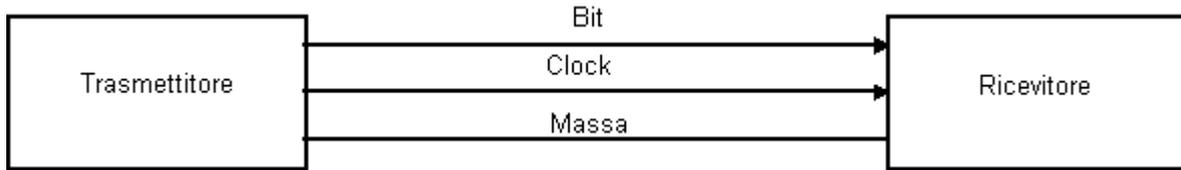
- 1) **sincrone**;
- 2) **asincrone**.

Tale classificazione, come si vedrà nei prossimi paragrafi, è basata sulla tecnica utilizzata dal ricevitore per "sincronizzarsi" con il trasmettitore, cioè sostanzialmente per "leggere" i bit con lo stesso ritmo usato dal trasmettitore nel trasmetterli (verrebbe da dire anche "negli stessi istanti", ma è ovvio che questo non può essere dato il **ritardo**, sia pure relativamente piccolo, che i bit subiscono nella propagazione dal trasmettitore al ricevitore):



Trasmissioni seriali sincrone

Nelle **trasmissioni sincrone**, il trasmettitore invia degli **impulsi di clock** insieme ai bit di informazione, in modo da consentire al ricevitore la corretta "lettura" dei dati in arrivo: il ricevitore viene forzato a "leggere" i dati ad intervalli regolari di tempo, scanditi appunto dagli impulsi di clock. Il collegamento, di norma, si realizza quindi con 3 fili (clock, bit e massa) come mostrato nella figura seguente:



Schema a blocchi di una trasmissione seriale sincrona.

Se la trasmissione sincrona avviene tra un modem e l'interfaccia seriale di un computer, il clock può essere generato dall'interfaccia seriale o dal modem stesso. Se invece i dispositivi collegati sono due modem, il **segnale di sincronismo** è contenuto nella tensione analogica che il modem trasmettitore invia al modem ricevitore; quest'ultimo, attraverso l'operazione di demodulazione, estrae un segnale digitale che contiene particolari caratteri che consentono di sincronizzare il ricevitore al trasmettitore.

I dati sono sempre inviati in **blocchi** (detti anche *pacchetti* o *frames* o altro ancora a seconda del contesto), di decine o centinaia di caratteri (byte). Ogni blocco è preceduto da **caratteri di sincronismo** ed è seguito da caratteri di controllo **CRC** (*Codice Ciclico di Ridondanza*), necessari per garantire la correttezza della trasmissione, nonché da un carattere che indica la fine del blocco trasmesso. La figura seguente illustra il concetto:



Formato di un singolo blocco di caratteri che transita in una trasmissione seriale sincrona tra due modem: i primi due caratteri sono per la sincronizzazione; seguono i dati veri e propri, dopodiché sono inseriti i codici per il controllo degli errori e il carattere che indica la fine del blocco

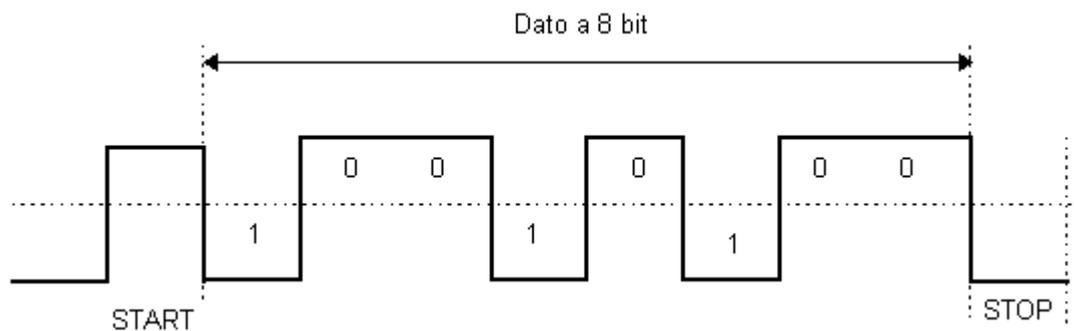
Trasmissioni seriali asincrone

Nel **collegamento seriale asincrono** non si trasmette il segnale clock (per cui sono sufficienti due fili), ma il ricevitore genera un **clock locale** della stessa frequenza del trasmettitore (ovviamente nota a priori). Affinché i due clock risultino in fase tra loro (condizione necessaria per la sincronizzazione), occorre che il ricevitore sappia quando ha inizio la trasmissione di un carattere in modo da sincronizzare la lettura dei vari bit. Allora, un carattere in trasmissione è preceduto da un **bit di start** e seguito da uno o più **bit di stop**: il bit di start è costituito dal livello logico 0 mentre il bit di stop dal livello logico 1.

In assenza di trasmissione, si ha il livello logico 1; quando la trasmissione ha inizio, l'applicazione del bit di start genera un fronte d'onda negativo che sincronizza il clock del ricevitore. Successivamente, sono inviati in sequenza, ad intervalli regolari di tempo, i bit del carattere da trasmettere (nel codice ASCII a 7 o 8 bit), seguito eventualmente da un bit di parità (pari o dispari) e da uno o due bit di stop. Le modalità di trasmissione, ovviamente, devono essere note prima che questa sia attivata.

Ad esempio, un sistema che trasmette a 9600 bps, con 8 bit per carattere senza alcun bit di parità ed un solo bit di stop, può trasferire fino a 960 caratteri al secondo poiché un carattere è costituito da 10 bit: 1 bit di start, 8 bit di dato, 1 bit di stop.

Nella figura seguente si mostra l'analisi temporale della trasmissione del byte 10010100 supponendo di attribuire al valore negativo di tensione (denominato **mark**) il bit 1 e al valore positivo di tensione (denominato **space**) il bit 0:

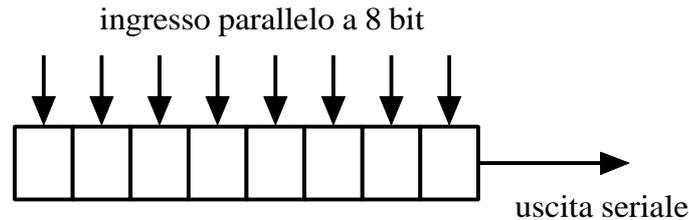


Temporizzazione della trasmissione del byte 94 senza bit di parità e con un solo bit di stop. Si noti che lo 0 logico corrisponde al livello alto di tensione mentre l'1 logico corrisponde al livello basso di tensione

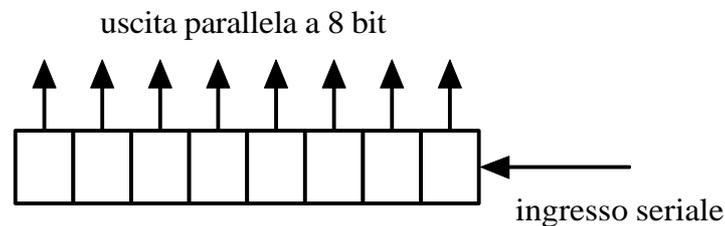
Le associazioni scelte sono in **logica negativa**, come stabilito dalle **raccomandazioni V.1 e V.4** dell'**ITU-T** ⁽⁴⁾.

Il trasmettitore presenta, nel suo *stadio di uscita*, un circuito in grado di effettuare la conversione di un carattere dalla forma parallela a quella seriale, in modo del tutto simile ad un *registro a scorrimento con caricamento parallelo ed uscita seriale* (**PISO**):

⁴ Apriamo una parentesi relativa ad alcune denominazioni. La **ITU** (International Communications Union) è l'organizzazione delle Nazioni Unite che sviluppa e standardizza le telecomunicazioni in tutto il mondo. La ITU contiene anche il **CCITT** (che è un'altra organizzazione, con sede a Ginevra, che sviluppa standard di comunicazione mondiali), la International Frequency Registration Board (IFRB), e la Consultative Committee on International Radio (CCIR). Nell'uso comune, gli **standard CCITT** vengono anche chiamati **standard ITU-T**.



Il ricevitore, invece, presenta, nello **stadio d'ingresso**, un circuito in grado di eseguire l'operazione inversa: trasformare in forma parallela un carattere ricevuto in forma seriale. Ciò si realizza con una soluzione simile ad un *registro a scorrimento con caricamento seriale e uscita parallela (SIPO)*:



Vi sono **circuiti integrati** in grado di comportarsi, all'occorrenza, sia da SIPO sia da PISO; sono dotati di un clock locale che può essere impostato sul valore richiesto. Essi prendono il nome di **USART** (*universal synchronous asynchronous receiver transmitter*, ossia ricevitore trasmettitore sincrono o asincrono universale) e sono utilizzati sia nei ricevitori sia nei trasmettitori. Gli USART sono convenienti nelle **trasmissioni bidirezionali** dove i ruoli fra trasmettitore e ricevitore sono intercambiabili.

Interfaccia seriale EIA RS232-C

L'interfaccia seriale americana **EIA RS232-C** (dove *EIA* sta per *Electronic Industries Associates*), corrispondente alla **V.24/V.28** dell'ITU-T, è uno standard di collegamento seriale, che può essere di tipo sincrono o asincrono, tra un dispositivo di comunicazione DCE (come, ad esempio, il modem) e un dispositivo terminale DTE (come, ad esempio, il computer). La velocità di trasmissione è inferiore o uguale a 19.2 kbps, ma questo è un limite ormai superato.

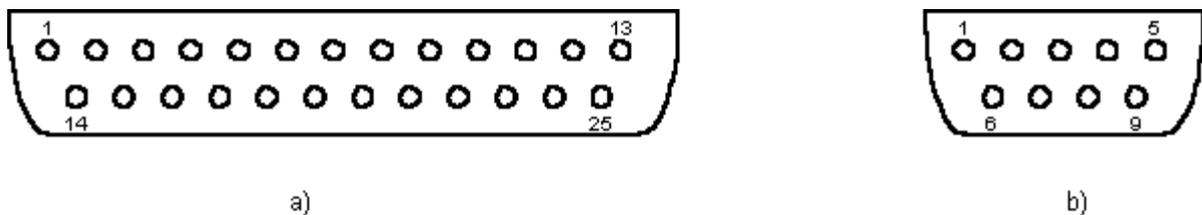
L'interfaccia è costituita da un insieme di **25 linee**, non tutte indispensabili, che trasportano i bit di dati, i segnali di controllo e la massa.

Nel collegamento tra un computer ed un dispositivo periferico vengono adoperati dei **connettori miniatura tipo D** a 25 poli. Sul DTE (computer, ad esempio) si

trova la spina (*connettore maschio*) mentre sul DCE (modem) si trova la presa (*connettore femmina*). In alcuni DCE (ad esempio, il *mouse seriale*) manca la presa esterna poiché il cavo di collegamento entra direttamente nell'apparecchiatura.

I tipici dispositivi periferici che si possono collegare ad un computer via RS232 sono il drive per dischetti, la stampante, il modem, il mouse ecc.

Nella figura seguente si mostra il connettore a **25 poli** (a sinistra) per la RS-232C. In molte applicazioni pratiche non si utilizzano tutte le linee ma solo una piccola parte di esse: in tal caso si fa uso di un connettore ridotto a **9 poli** (a destra), come nel caso del mouse del PC.



Connettore per la RS-232C: a) di tipo a 25 poli; b) di tipo a 9 poli

Interfacce RS-422-A e RS-423-A

Tali interfacce vengono usate per lavorare in ambienti ad elevato rumore, per collegamenti a distanza compresa tra alcune decine di metri ed alcuni Km, con velocità di trasmissione fino a 10 Mbps.

Lo standard EIA RS-422-A utilizza **tensioni bilanciate** mentre lo standard EIA RS-423-A utilizza **tensioni sbilanciate**.

Il cavo di connessione deve avere *impedenza caratteristica* intorno a 100 Ω per frequenze superiori a 100 kHz e resistenza in continua inferiore a 240 Ω . Il classico doppino telefonico soddisfa questi requisiti.

Autore: **Sandro Petrizzelli**

e-mail: sandry@iol.it

sito personale: <http://users.iol.it/sandry>