

Tratto dal Testo
Ettore Panella - Giuseppe Spalierno
Corso di Telecomunicazioni 2
Edizioni Cupido

CAPITOLO QUARTO

TRASMISSIONE DATI CON MODEM

1. Generalità

Si definisce *trasmissione dati* l'insieme delle tecniche hardware e software per la propagazione a distanza d'informazioni digitali tra due o più sistemi d'elaborazione DTE (Data Terminal Equipment) utilizzando un'opportuna rete di comunicazione su cui far viaggiare i dati.

In genere ci si riferisce a sistemi d'elaborazione posti in località diverse e distanti tra loro, quindi è difficilmente ipotizzabile la stesura diretta di un certo numero di cavi di collegamento tra le due stazioni o che colleghi un sistema d'elaborazione a tutti gli altri sistemi d'elaborazione.

La trasmissione deve essere di tipo seriale, in altre parole i bit che compongono i byte da trasmettere sono inviati sequenzialmente, uno per volta e non tutti e otto contemporaneamente. La trasmissione parallela è possibile, com'è noto, tra elementi vicini di uno stesso sistema (microprocessore - memoria centrale) o tra apparecchiature distanti tra loro fino a qualche metro (computer - stampante, ad esempio).

Per questi motivi nelle comunicazioni a grandi distanze si utilizza la rete telefonica pubblica che consente, inoltre, il collegamento ad un qualsiasi altro punto nel mondo.

Uno dei problemi da affrontare è l'adattamento del segnale digitale alla rete telefonica. Infatti, il segnale numerico ha uno spettro di frequenza teoricamente infinito ma il canale fonico è compreso tra 300Hz e 3400Hz.

Si possono ipotizzare le seguenti due soluzioni di massima:

- 1) Modulare una portante analogica avente frequenza compresa tra 300Hz e 3400Hz con il segnale digitale; il risultato della modulazione è trasmesso nella rete telefonica come un normale segnale fonico, cioè analogico, per poi essere demodolato 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 (DCE = Data Communication Equipment) denominato MODEM (MODulatore DEModulatore).
- 2) Utilizzo di reti adatte a trasmettere segnali numerici come, ad esempio, la rete CDN (Collegamenti Diretti Numerici), la rete ISDN (Integrated Service Digital Network) e la rete ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).

Anche in questo caso il terminale dei dati deve essere collegato alla rete attraverso un particolare circuito d'interfaccia. Le reti numeriche consentono di operare ad elevate velocità con bassi tassi d'errore.

Durante la trasmissione, il segnale subisce *distorsioni* da parte del trasmettitore, del canale di trasmissione e del ricevitore oltre al *rumore* recepito dal canale di trasmissione.

La distorsione consiste nell'alterazione non voluta del segnale. Il rumore è un disturbo costituito da elementi prevedibili ed imprevedibili come le diafonie e le intermodulazioni, il rumore termico, i disturbi atmosferici, alterazione delle caratteristiche dei componenti per invecchiamento e riscaldamento. Per questi motivi conviene introdurre *ridondanza* nel segnale, attraverso dei codici di controllo e di autocorrezione, in modo di assicurarsi, entro certi limiti, della correttezza della trasmissione.

In fig. 1 si mostra lo schema a blocchi di un sistema di trasmissione dati che collega due dispositivi terminali DTE (Data Terminal Equipment), utilizzando due modem.

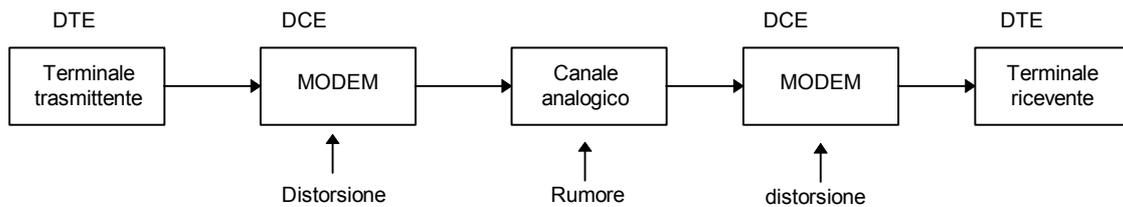


Fig. 1. - Schema a blocchi di un sistema di trasmissione dati con MODEM.

2. Rete commutata e dedicata

L'utilizzo del modem per la trasmissione dei dati può avvenire sulla rete telefonica commutata (RC) o dedicata (RD).

Nel primo caso il modem si collega alla normale presa telefonica attraverso un'attivazione manuale (operazione obsoleta e non più presente sui moderni modem) o automatica e la trasmissione avviene dopo aver selezionato via software il numero di telefono del destinatario; il modem di quest'ultimo si pone in risposta automatica e 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 la relativa lentezza di funzionamento per la modesta qualità della linea telefonica commutata. In questi ultimi anni 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 in RC ad elevata velocità (56Kbps) con basso tasso d'errore.

2.1. Collegamento punto-punto

L'utente che esegue il collegamento sulla rete telefonica dedicata RD, realizza il *collegamento punto-punto* ed è connesso permanentemente ad un solo utente. Per le chiamate, pertanto, non è necessario formulare alcun numero. Il contratto CDN che si stipula con TELECOM prevede solo una spesa fissa che dipende dalla distanza dei due utenti (da pochi Km. a 1000Km.) e dalla velocità di comunicazione richiesta (da 64Kbps a 34Mbps) e non dalla durata della comunicazione. Per brevi distanze, ad

esempio all'interno di un edificio, si può realizzare una RD privata gestita dall'utente stesso. Su questo principio si basano le *reti locali*.

I vantaggi della RD consistono nello scarso disturbo che consente un'elevata velocità di funzionamento. Uno svantaggio è il costo piuttosto elevato.

L'utente che deve effettuare le trasmissioni verso una sola destinazione per un numero d'ore giornaliere piuttosto elevato, può trovare conveniente, anche sotto il profilo della spesa, l'utilizzo della RD. Le reti dedicate sono utilizzate da utenti che sviluppano un grande traffico telefonico come banche, industrie, ecc.

2.2. Collegamento multipunto

In questo caso una sola linea collega tra loro più dispositivi. È una struttura basata su un elaboratore centrale dotato di un proprio modem collegato ad una linea alla quale sono connessi, tramite modem, vari DTE remoti. La linea, ovviamente, può essere utilizzata da una sola coppia d'apparecchiature per cui si rende necessario un protocollo che stabilisca l'accesso alla linea da parte dei vari DTE. Solitamente il compito è attribuito all'elaboratore centrale che esegue il polling¹ delle varie periferiche.

In fig.2 si mostra lo schema di principio del collegamento multipunto tra un elaboratore centrale e più dispositivi periferici, tramite l'utilizzo di modem.

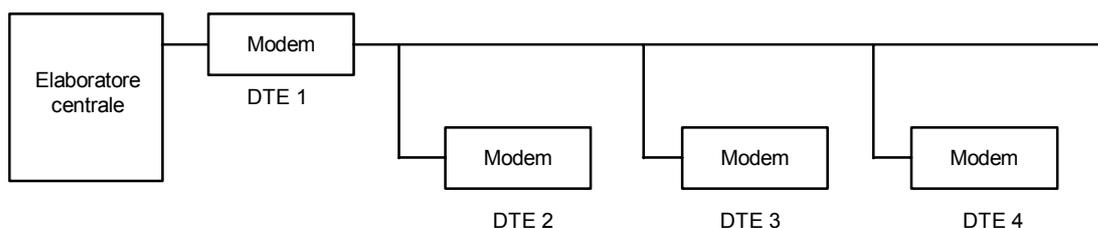


Fig. 2. - Collegamento multipunto tra un elaboratore centrale e più DTE.

3. Modello ISO OSI

Con il tumultuoso progresso tecnologico in campo elettronico e in quello delle telecomunicazioni, i costruttori hanno inizialmente prodotto apparecchiature capaci di collegarsi solo a determinate altre apparecchiature della stessa ditta. Il problema dell'incompatibilità hardware e software spinse costruttori e governanti di molti paesi a istituire organismi internazionali composti da tecnici specialisti dei vari settori in grado di emanare regole e norme che consentissero il corretto funzionamento di apparecchiature tra loro collegate anche se di costruttori diversi. Uno di questi organismi è l'ISO (International Standard Organization).

In particolare, in un sistema di trasmissione dati è necessario stabilire una serie di regole hardware e software, denominate protocolli, indispensabili per assicurare un corretto collegamento e funzionamento tra apparato trasmittente e ricevente.

Tali protocolli devono garantire, ad esempio, la compatibilità tra i segnali elettrici dei terminali DTE e DCE, la correttezza della trasmissione con eventuale possibilità di

¹ Interrogazione ciclica delle periferiche da parte dell'unità centrale. La periferica che desidera scambiare dati è abilitata a farlo solo quando l'unità centrale la interroga.

rivelazione e correzione degli errori, ecc. In sede internazionale, è stato messo a punto dall'ISO un sistema di riferimento, denominato modello OSI (Open System Interconnection), che ha unificato in modo sistematico i protocolli di comunicazione nella trasmissione dati. Il modello ISO/OSI classifica i protocolli di comunicazioni in sette livelli come mostrato in fig.3.



Fig. 3. - Architettura dei livelli del modello ISO/OSI.

I protocolli di basso livello (1- 4) hanno funzioni legate al trasporto dei segnali elettrici fra trasmettitore e ricevitore. I protocolli d'alto livello (5 - 7) svolgono funzioni software d'elaborazione e trattamento dei dati.

In pratica, i protocolli di trasporto s'interessano del trasferimento dei dati da trasmettitore al ricevitore consentendo al software d'elaborazione di dedicarsi esclusivamente alla manipolazione ed all'elaborazione delle informazioni.

In un sistema di trasmissioni dati non tutti i livelli sono sempre presenti distintamente nel collegamento; ciò dipende fondamentalmente sia dal tipo di rete utilizzata (commutata, dedicata, punto-punto, multipunto, ecc.) che dalle specifiche costruttive dei computer impiegati (omogeneità nella struttura dei dati, compatibilità software, ecc.). Di seguito si fornisce una descrizione dei livelli ISO/OSI.

1 - Livello fisico. Definisce gli standard e le interfacce di comunicazione (RS-232, USB, firewire, Ethernet), meccaniche (tipo di materiale, forme di prese e spine, numero di contatti), elettriche (livelli di tensione di corrente, impedenza di ingresso e di uscita, risposta in frequenza), funzionali attraverso il significato dei vari segnali e procedurali attraverso la sequenza temporale dei segnali necessari per il corretto funzionamento. Facciamo un esempio di collegamento ad Internet tramite modem. Il calcolatore (DTE) si collega alla rete pubblica tramite un modem (DCE) utilizzando una certa interfaccia di livello 1 (RS-232, USB, wireless ...). Qualora si decida di modificare il tipo di accesso alla rete pubblica, per esempio passando da un normale accesso di tipo telefonico all'accesso di tipo ADSL, è sufficiente cambiare il modem esistente con uno nuovo avente la medesima interfaccia verso il calcolatore di quello precedente, con il risultato che il collegamento alla rete viene modificato senza modificare il calcolatore.

2 - Livello di linea. Definisce le procedure d'inizializzazione, sincronismo, rivelazione d'errori con protocolli di tipo BSC, HDLC, ecc. Gli aspetti più importanti di tali protocolli sono rappresentati dalle regole di riconoscimento e correzione degli errori e dalle modalità di colloquio tra i vari periferici. I servizi offerti dal livello 2 sono:

- *senza connessione e senza riscontro*; vengono inviati dei frame indipendenti e non vengono confermati dal destinatario quando questi vengono ricevuti, non viene

instaurata una connessione diretta tra i 2 sistemi in comunicazione. Può capitare che alcuni frame non vengano ricevuti, e con questa strategia viene ignorato (a livello data link) il mancato recupero. È un servizio conveniente per reti con basso tasso di errore, con traffico che richiede una elevata trasparenza temporale (ad esempio per traffico vocale), in particolare viene usato nelle reti locali quando si preferisce la velocità all'integrità dei dati;

- *senza connessione e con riscontro*; caso analogo al precedente, solo che al momento della ricezione viene inviato dal destinatario un messaggio che conferma la corretta ricezione (acknowledge - ack) del frame. Il mancato ricevimento dalla sorgente del segnale ack comporta la ritrasmissione del frame non confermato. Questo servizio è utile per reti non affidabili, ad esempio connessioni wireless. È possibile che un frame non riscontrato sia spedito più volte, inoltre questo meccanismo di riscontro è utile ma non necessario, infatti è possibile implementarlo a livelli superiori;
- *con connessione e con riscontro*; è il servizio più sofisticato, prevede tre fasi, instaurazione della connessione, invio dei dati e chiusura connessione. In questo modo è possibile garantire che ogni frame sia consegnato correttamente e nel corretto ordine. Viene fornito al livello di rete un flusso di bit affidabile.

3 - Livello di rete. Definisce le procedure necessarie al collegamento di rete tra utenti. Divide il messaggio da trasmettere in pacchetti e ne gestisce il transito attraverso la rete di trasmissione. La principale differenza rispetto al livello 2 è nel fatto che deve effettuare una vera e propria funzione di instradamento. I servizi offerti dal livello di rete possono essere sia con connessione che senza:

- *servizio con connessione*; le entità coinvolte nella comunicazione stabiliscono una connessione, negoziando i vari parametri, e a questa connessione viene associato un identificatore. Questo identificatore viene inserito in ogni pacchetto inviato dalle due entità, la comunicazione è bidirezionale e i pacchetti viaggiano in sequenza lungo il percorso prestabilito in fase di negoziazione. Con questa strategia il controllo di flusso è operato automaticamente grazie ai parametri prestabiliti all'inizio. In questo modo si opera in modo da fornire un servizio di tipo affidabile;
- *servizio senza connessione*; la sottorete viene considerata inaffidabile, pertanto sono il sorgente e il destinatario del flusso informativo che devono preoccuparsi di gestire sia gli errori che il controllo di flusso, in pratica è il livello di trasporto che si deve occupare di queste cose. Il servizio offerto è di tipo datagramma, cioè i pacchetti viaggiano indipendentemente l'uno dall'altro e devono contenere tutti un indirizzo di destinazione.

Per realizzare correttamente la principale funzione del livello di rete, ossia l'instradamento o routing, sono necessari opportuni algoritmi. L'algoritmo di routing deve calcolare su quale uscita di un commutatore instradare il flusso dati in ingresso. Se il servizio è con connessione, questo algoritmo si applica solo in fase di setup della connessione, se invece è senza connessione allora si applica su ogni pacchetto.

I requisiti per un algoritmo di routing sono:

- semplicità, al fine di non richiedere ai nodi grandi sforzi di elaborazione;
- robustezza, per garantire buone funzionalità anche in presenza di malfunzionamenti della rete;
- stabilità, per non creare inconsistenze che possano rendere inefficace l'intradamento dei dati;
- equità al fine di fornire la stessa qualità di servizio a tutte le connessioni;

- ottimalità nelle scelte di percorso.

Gli algoritmi di routing possono essere statici e adattivi. Gli algoritmi statici sono eseguiti solamente all'avvio della rete e le decisioni prese non vengono più modificate. Rientrano in questa classe gli algoritmi:

- *shortest path routing*; ogni router viene considerato come un nodo e una connessione punto punto come un ramo. Vengono calcolati i cammini minimi tra ogni coppia di nodi e vengono inviati a ogni router. I cammini minimi vengono calcolati in base al numero di nodi che devono essere attraversati, alla lunghezza dei rami, tempo medio di immagazzinamento e rilancio;
- *flooding*; il pacchetto viene rinviato su tutti i rami tranne quello da cui è arrivato. In questo modo però si potrebbe generare un numero infinito di pacchetti, quindi per ridurre il traffico generato si possono utilizzare alcuni stratagemmi. Uno di questi richiede l'inserimento nei pacchetti di un numero massimo di nodi da attraversare, successivamente se questo numero viene superato il pacchetto viene scartato. Un altro richiede la verifica da parte di ogni router che quel pacchetto non sia già transitato, altrimenti lo scarta. Questo algoritmo è più robusto e affidabile anche se genera una quantità di dati tale da non essere usabile con efficacia;
- *flow-based routing*; questo algoritmo effettua una stima del traffico atteso su ogni ramo, poi calcola il tempo medio di attraversamento, quindi decide su quale ramo instradare.

Nelle reti moderne sono in uso algoritmi dinamici di routing, in grado di adattarsi ai cambiamenti della rete stessa. Questi algoritmi funzionano non solo all'avvio della rete, ma rimangono in esecuzione durante il normale funzionamento della rete stessa. Fanno parte degli algoritmi dinamici di routing:

- *distance vector routing*; ogni router mantiene al proprio interno una tabella in cui vengono indicizzati tutti gli altri router conosciuti fino a quel momento nella rete. In questa tabella viene memorizzato per ogni altro router la distanza e il ramo d'uscita per arrivarci. Il router a intervalli di tempo manda degli speciali pacchetti, chiamati *echo*, a tutti gli altri nodi adiacenti e misura il tempo di risposta. Appena completata la tabella il router la invia ai nodi adiacenti. In questo modo non viene a conoscenza del router la topologia totale della rete, ed inoltre la convergenza dell'algoritmo è piuttosto lenta quando si verificano eventi che modificano la topologia della rete;
- *link state routing*; ogni router controlla lo stato dei collegamenti con i router adiacenti, misurando i ritardi di attraversamento, e distribuisce queste informazioni agli altri nodi adiacenti. Considerando tutti i pacchetti arrivati, si costruisce un grafo della rete e si calcola il cammino minimo per ogni nodo della subnet. Questo algoritmo è molto usato, ad esempio una sua implementazione in internet è piuttosto affermata, questa corrisponde al nome di OSPF - Open Shortest Path First.

Quando la grandezza della rete diventa tale da non permettere un efficace utilizzo di questi algoritmi, viene utilizzato il metodo del routing gerarchico. La rete viene suddivisa in regioni e gli algoritmi si applicano su due livelli; all'inizio si opera all'interno di una regione, successivamente si applica l'algoritmo una seconda volta su tutti i router che fanno parte del confine di una regione.

4 - Livello di trasporto. Definisce ed ottimizza i collegamenti tra utenti. Gestisce l'apertura e la chiusura dei collegamenti, sceglie il percorso ottimale lungo la rete,

rivela e corregge i dati errati di trasmissione. Non tutti le applicazioni hanno bisogno delle stesse funzioni, per cui si possono definire diverse classi di servizi di trasporto.

Ad esempio nel modello internet lo strato di trasporto prevede diversi protocolli per la fornitura di diverse tipologie di servizio. I più usati fra questi protocolli sono:

- TCP per un trasferimento dati *end-to-end connection oriented* con recupero degli errori e controllo del flusso;
- UDP per un trasferimento dati *end-to-end connectionless*;
- RTP per un trasferimento dati *end-to-end* che rispetti il più possibile stretti requisiti di temporizzazione.

Un'applicazione di trasferimento file tipicamente utilizzerà TCP, mentre l'applicazione di invio di un e-mail utilizzerà UDP ed un collegamento audio via Internet utilizzerà RTP.

5 - Livello di sessione. Definisce le modalità per individuare l'indirizzo dell'utente, interrompe il collegamento e lo riattiva in qualunque momento e per qualsiasi causa.

Definisce, inoltre, il tipo di collegamento (half-duplex, full-duplex, ecc.).

Una sessione può essere individuata, aperta ed interrotta per fare fronte a vari eventi catastrofici: perdita di dati, caduta della linea, momentaneo *crash* di uno dei due interlocutori. Permette, inoltre, la corretta chiusura del dialogo, con la garanzia che tutti i dati trasmessi siano arrivati a destinazione.

6 - Livello di presentazione. Definisce le modalità per interpretare e modificare i dati ricevuti in modo da presentarli in forma idonea e comprensibile sul terminale utente.

Nell'architettura dei protocolli di internet non sono previsti strati di sessione e presentazione, per cui le relative funzioni sono demandate alle applicazioni.

Per questa ragione, ad esempio, dobbiamo preoccuparci di specificare il tipo di codifica quando inviamo un allegato ad un e-mail, oppure dobbiamo ricominciare da capo una navigazione se per qualche ragione cade il collegamento.

Se queste funzioni fossero previste in rete, la rete stessa si preoccuperebbe di svolgerle, senza renderle visibili all'utente.

7 - Livello di applicazione. Definisce le procedure, gli archivi e i pacchetti software applicativi che l'utente può utilizzare anche se fisicamente allocati su altri terminali di rete.

Sono applicazioni i programmi che utilizziamo normalmente per accedere a servizi di rete, quali il browser Internet, il programma di invio e ricezione dell'e-mail, i programmi di trasferimento file e condivisione delle risorse eccetera.

3.1. Servizi

Secondo il modello di riferimento OSI, il risultato dell'interazione verticale tra i livelli costituisce un servizio (*service*).

Si definisce *N-service provider* il fornitore di servizi a livello N che comprende lo stesso livello N e tutti i livelli inferiori fino al primo.

Si definisce *N-service user* l'entità, inteso come elemento attivo, di livello N+1 che fa uso dei servizi del livello N.

Il generico strato N, nel fornire servizi allo strato N+1, maschera a quest'ultimo l'esistenza degli N-1 strati sottostanti.

Un servizio può essere:

- senza connessione;
- orientato alla connessione.

Un servizio si dice *senza connessione* (connectionless) se il trasferimento dei dati avviene senza che sia prima stabilita una connessione.

Per ogni accesso al servizio vengono fornite tutte le informazioni necessarie per il trasferimento dei dati ed ogni unità dei dati viene trasferita in modo indipendente dalle altre.

Un servizio *orientato alla connessione* (connection oriented) individua due o più sistemi interessati al trasferimento dei dati e successivamente:

- apre la connessione inviando opportune informazioni iniziali atte a stabilire le modalità di transito dei dati;
- effettua il trasferimento dei dati vero e proprio;
- chiude la connessione.

L'interfaccia tra una entità di livello N+1 ed una di livello N prende il nome di N-SAP (N-Service Access Point).

Ogni N-SAP possiede un indirizzo unico per poter essere riconosciuto inequivocabilmente.

Un N-SAP è connesso ad una sola entità del livello N+1 ed ad una sola entità del livello N. Non è, quindi, possibile che due entità di livello N+1 utilizzino lo stesso N-SAP. È possibile, invece, che una entità di livello N sia collegato a due o più distinti N-SAP o a due o più distinti N-1 SAP come si mostra in figura 4.

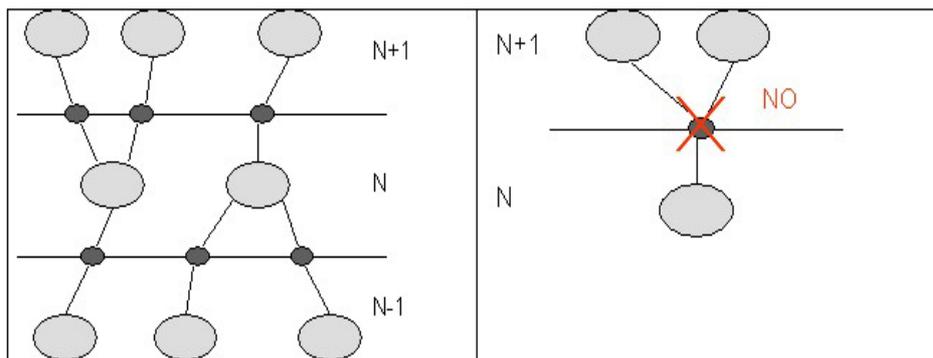


Fig.4. – Il punto nero rappresenta un N-SAP. A sinistra si mostra la corretta connessione tra entità appartenenti ai livelli N-1, N e N+1. A destra si mostra una connessione scorretta.

Quando una applicazione attiva il trasferimento dei dati ad un'altra applicazione, le informazioni transitano dal livello 7 al livello 1 passando attraverso i livelli intermedi.

Per ogni passaggio verso il basso vengono aggiunte, ai dati ricevuti, informazioni di servizio specifiche di quel livello note come *intestazione* (header).

I dati giunti al livello 1 contengono le informazioni utili vere e proprie più le intestazioni dei vari livelli attraversati. È come se, per ogni livello attraversato, le informazioni siano inserite in scatole successive. Il livello 1 provvede al trasferimento dei dati dall'applicazione che ha generato i dati all'applicazione che ne ha fatto richiesta.

Quando i dati raggiungono il sistema ricevitore si attiva un procedimento al contrario. I dati ricevuti sul livello 1 vengono depurati dell'header del livello 1 e trasferiti al livello 2 e così via fino a raggiungere il livello 7 dell'applicazione ricevente secondo il meccanismo delle scatole cinesi.

Il passaggio dei dati dall'applicazione trasmittente a quella ricevente non è avvenuta direttamente (per via orizzontale) ma attraverso un passaggio verso livelli inferiori nel sistema trasmittente ed un successivo passaggio dai livelli inferiori verso il livello 7 del sistema ricevente.

Si mostra in fig.5 la tecnica della trasmissione tra le applicazioni secondo lo standard ISO-OSI.

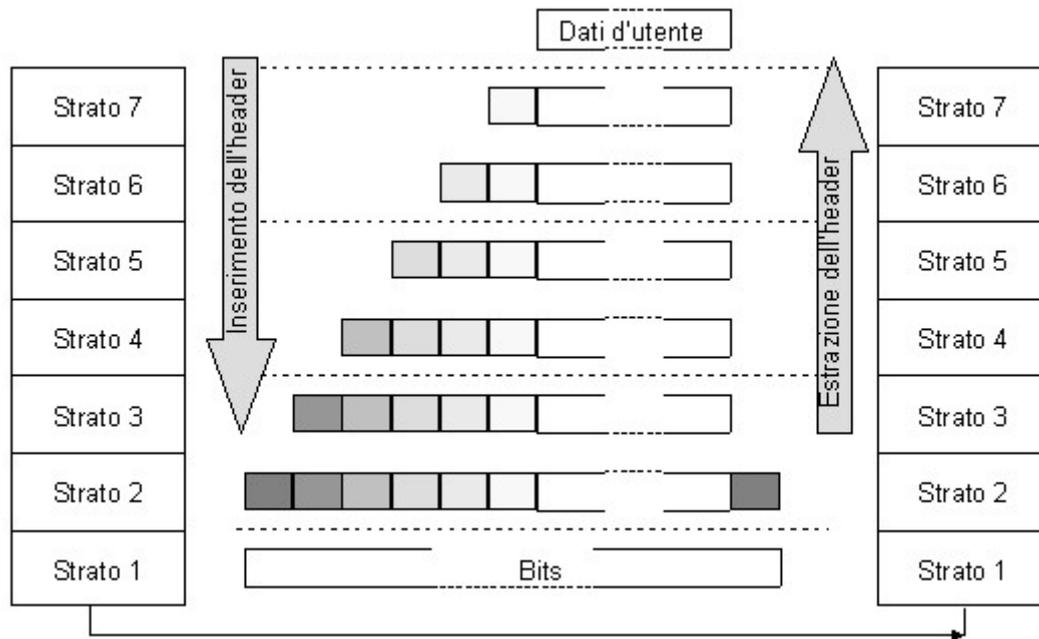


Fig.5. – Meccanismo a strati secondo lo standard ISO-OSI per il trasferimento dei dati tra due applicazioni.

4. Trasmissione seriale

Questo paragrafo descrive le caratteristiche della trasmissione seriale relativamente al livello fisico del modello ISO/OSI.

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. Le trasmissioni seriali si dividono in:

- 1) sincrone;
- 2) asincrone.

4.1. Trasmissioni sincrone

Nelle trasmissioni sincrone il trasmettitore invia degli impulsi di clock contemporaneamente ai bit di informazione in modo da consentire al ricevitore la corretta lettura dei dati in arrivo ad intervalli regolari di tempo scanditi dal trasmettitore.

Il collegamento, concettualmente, si realizza con 3 fili (clock, bit e massa) come in fig.6.

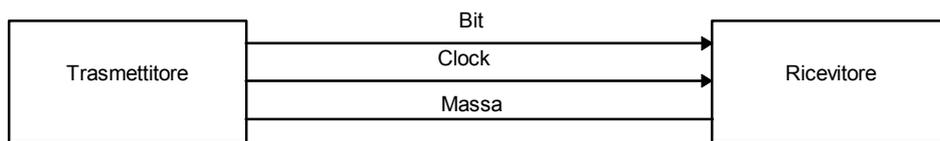


Fig. 6. - Schema a blocchi di una trasmissione seriale sincrona.

In realtà si utilizzano due fili poiché i segnali di sincronismo si inviano sulla linea dati in coerenza col protocollo utilizzato.

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 i dispositivi collegati sono due modem, il segnale di sincronismo è contenuto nella tensione analogica che il modem trasmettitore invia al ricevitore; quest'ultimo, attraverso l'operazione di demodulazione, estrae il segnale digitale che contiene particolari caratteri che consentono di sincronizzare il ricevitore al trasmettitore.

I dati sono inviati in blocchi di decine o centinaia di caratteri.

Ogni blocco è preceduto da caratteri di sincronismo e seguito da caratteri di controllo CRC (Codice Ciclico di Ridondanza), per la correttezza della trasmissione, e da un carattere che indica la fine del blocco trasmesso.

In fig.7 si mostra il blocco di caratteri che transita in una trasmissione seriale sincrona tra due modem.

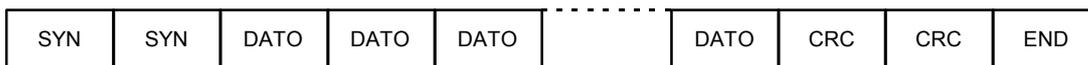


Fig. 7. - Formato del blocco di caratteri in una trasmissione seriale sincrona tra due modem.

4.2. Trasmissioni asincrone

Nel collegamento seriale asincrono non si trasmette il clock ma il ricevitore genera un clock locale della stessa frequenza del trasmettitore.

Affinché i due clock risultino in fase, occorre che il ricevitore sappia quando ha inizio la trasmissione di un carattere in modo da sincronizzare la lettura dei vari bit.

In pratica 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 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.

Un sistema che trasmette a 9600 bps (bit per secondo) 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.

In fig.8 si mostra l'analisi temporale della trasmissione del byte 94H supponendo di attribuire al valore negativo di tensione (denominato *mark*) il bit 1 e al valore positivo di tensione (denominato *space*) il bit 0.

Le associazioni scelte sono, pertanto, in logica negativa come stabilito dalle raccomandazioni V.1 e V.4 dell'ITU-T².

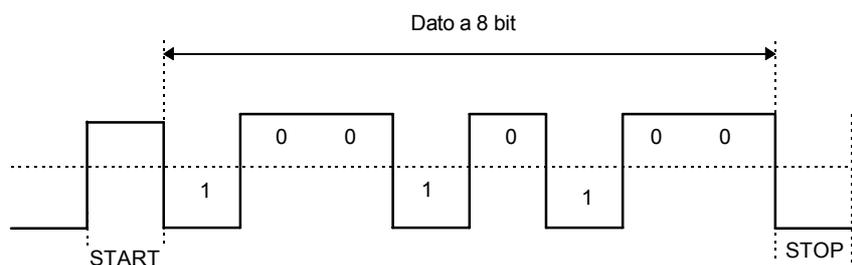


Fig. 8. - Temporizzazione della trasmissione del byte 94H senza bit di parità e con un solo bit di stop.

Il trasmettitore presenta nello 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).

Il ricevitore, invece, presenta nello stadio d'ingresso un circuito in grado di trasformare un carattere ricevuto da seriale a parallelo.

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, presentano un clock locale che può essere selezionato sul valore richiesto.

Essi prendono il nome di USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter = ricevitore trasmettitore sincrono o asincrono universale) e sono utilizzati sia nei ricevitori che nei trasmettitori.

Gli USART sono convenienti nelle trasmissioni bidirezionali dove i ruoli fra trasmettitore e ricevitore sono intercambiabili.

Le velocità permesse nelle trasmissioni seriali asincrone hanno i seguenti valori espressi in bit al secondo: 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 1800, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 57600, 115200. Gli USART più recenti consentono velocità maggiori.

4.3. Interfaccia seriale EIA RS232-C

L'interfaccia seriale americana EIA RS232-C (EIA= 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 (Data Communication Equipment) e un dispositivo terminale DTE, come, ad esempio, il computer (Data Terminal Equipment) con velocità di trasmissione inferiore o uguale a 19.2Kbps (questo limite è oramai superato).

L'interfaccia è costituita da un insieme di 25 linee, non tutte indispensabili, che trasportano i bit di dati, 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

² Il CCITT non esiste più; è ora sostituito da ITU : <http://www.itu.ch> (International Telecommunications Union). La sede Europea è a Ginevra, in Svizzera.

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.

4.3.1. Caratteristiche meccaniche ed elettriche

In fig.9a si mostra il connettore a 25 poli per la RS-232C le cui caratteristiche meccaniche sono normalizzate secondo lo standard ISO 2110 della International Standard Organization. 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 come quello in fig.9b.

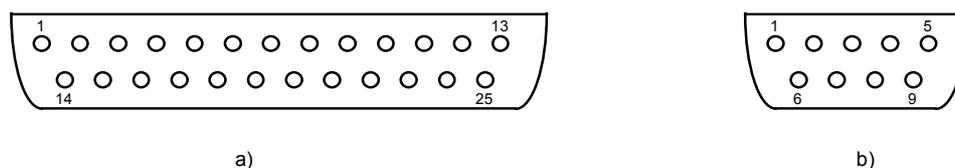


Fig. 9. - Connettore per la RS-232C: a) di tipo a 25 poli; b) di tipo a 9 poli.

Il significato di tali linee sarà descritto nelle pagine successive. Qualunque sia la linea (dati, clock o controlli), il circuito elettrico equivalente di tale interfaccia tra il trasmettitore e il ricevitore è quello indicato in fig.10.

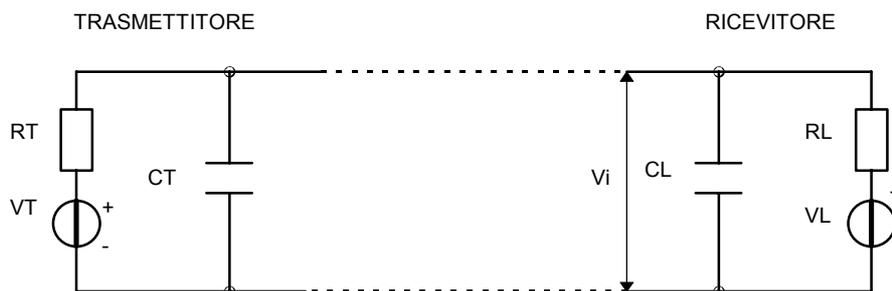


Fig. 10. - Circuito equivalente tra trasmettitore e ricevitore nello standard RS232-C.

V_T = f.e.m. del trasmettitore a circuito aperto;
 R_T = Resistenza interna del trasmettitore;
 C_T = Capacità equivalente del trasmettitore;
 C_L = Capacità equivalente del ricevitore;
 R_L = Resistenza d'ingresso del ricevitore;
 V_L = f.c.e.m. del ricevitore a circuito aperto;
 V_i = d.d.p. all'interfaccia.

In tale standard si definisce *mark* la tensione V_i di valore inferiore a $-3V$ e si definisce *space* quella superiore a $+3V$. Durante la trasmissione si associa il livello logico 1 a *mark* e 0 a *space*. Si osserva subito che i livelli logici sono bipolari e in logica negativa (tensione positiva=0; tensione negativa=1). Tipicamente i valori di tensione assunti sono $\pm 12V$. La resistenza di carico del ricevitore R_L deve essere compresa tra $3K\Omega$ e $7K\Omega$, la capacità C_L in parallelo al carico deve essere inferiore a $2.5nF$ e la f.c.e.m. V_L non deve superare i $2V$.

La f.e.m. V_T del driver del trasmettitore non deve superare i $25V$, R_T e C_T non sono specificati ma devono essere tali da evitare una corrente di corto circuito superiore a $0.5A$ e da consentire una V_i compresa tra 5 e $15V$.

Poiché la capacità per unità di lunghezza di un cavo è di circa $200pF/metro$ si

evincesse che la massima distanza tra i dispositivi collegati in tale standard non deve superare i 12-15 metri. In tabella 1 si descrive la piedinatura del connettore a 9 e 25 poli, il nome e la descrizione delle linee della RS-232C.

Tab. 1

PIN (9)	PIN (25)	NOME V.24 ITU	NOME RS-232	DESCRIZIONE
	1	C101	FG	Frame ground = Massa di protezione
3	2	C103	TxD	Transmitted data = Dati in trasmissione
2	3	C104	RxD	Received data = Dati in ricezione
7	4	C105	RTS	Request to send = Richiesta di trasmissione
8	5	C106	CTS	Clear to send = Pronto a trasmettere
6	6	C107	DSR	Data set ready = DCE pronto
5	7	C102	GND	Ground = Massa dei segnali
1	8	C109	DCD	Data carrier detector = Portante in ricezione presente
	9			Riservato per apparecchi di collaudo
	10			Riservato per apparecchi di collaudo
	11	C126	CK	Scelta frequenza in trasmissione
	12	C122	SCF	Segnale di ricezione presente sul canale ausiliario
	13	C121	SCB	Pronto per la trasmissione sul canale ausiliario
	14	C118	SBA	Dati in trasmissione del canale ausiliario
	15	C114	TC	Transmit clock = Clock di trasmissione dal modem
	16	C119	SBB	Dati in ricezione del canale ausiliario
	17	C115	RC	Received clock = Clock di ricezione
	18			Non connesso
	19	C120	SCA	Richiesta di trasmissione del canale ausiliario
4	20	C108	DTR	Data terminal ready = DTE pronto
	21	C110	CG	Rivelatore della qualità del segnale
9	22	C125	RI	Ring indicator = Chiamata in arrivo
	23	C111	CI	Selezione velocità di trasmissione da DTE
	24	C113	DA	Clock di trasmissione da DTE
	25			Non connesso

4.3.2. Collegamento null-modem

Per collegare tra di loro due computer con l'interfaccia seriale RS-232 si deve preparare un cavo, noto come cavo **null modem**, con almeno tre fili (RxD, TxD e GND) e due connettori a 25 poli femmine da porre alle due estremità del cavo.

Occorre, però, fornire i corretti potenziali alle linee di ingresso che non si intendono utilizzare.

In fig.11 si mostra un tipico collegamento ove il pin 5 (linea di ingresso CTS) è pilotato dallo stesso DTE attraverso il pin 4 (linea di uscita RTS).

Analogamente la linea di uscita DTR (pin 20) va collegata ai pin 6 e 8 di ingresso (DSR e DCD, rispettivamente). Ciò vale per entrambi i computer.

In questo modo si "imbrogli" il computer ma si deve rinunciare al collegamento in *handshake*.

La tecnica dell'*handshake* (letteralmente stretta di mano) consiste nel sincronizzare il collegamento attraverso due linee di controllo: il trasmettitore invia un livello logico di richiesta di invio (uscita RTS, pin 4) ed il ricevitore risponde con un livello logico di pronto a trasmettere (ingresso CTS pin 5); in pratica si autorizza il trasmettitore ad inviare i dati.

L'imbroglio (collegamento pin 4 e 5 dello stesso connettore) consiste nel fatto che il trasmettitore "autorizza se stesso" ad inviare dati.

Il collegamento dei pin 6, 8 e 20 dello stesso connettore realizza un "imbroglio" simile.

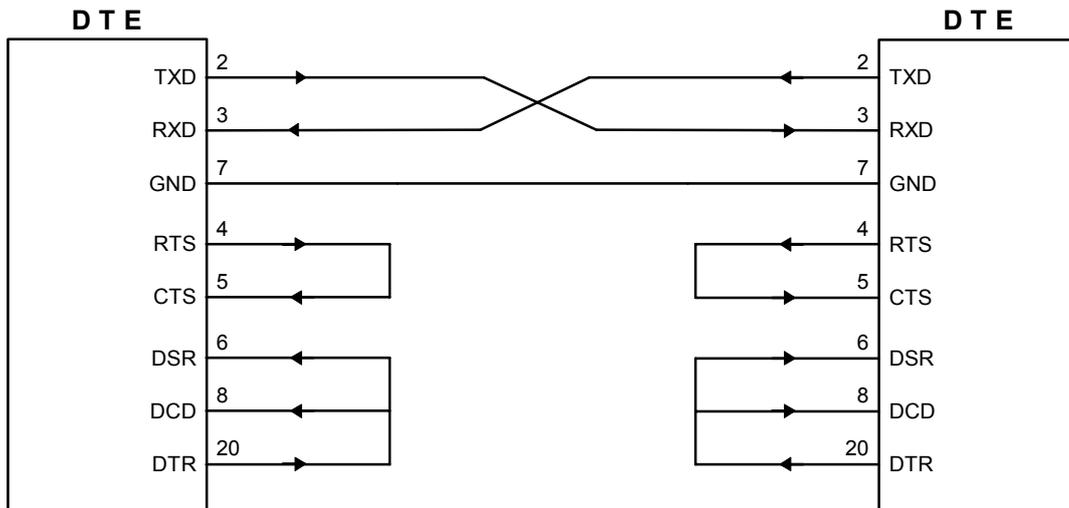


Fig. 11. - Collegamento tra due computer via RS-232C con cavo NULL-MODEM.

Volendo un collegamento con handshake si devono utilizzare almeno 5 fili. In fig.12 si mostra un possibile collegamento.

I due computer, essendo collegati direttamente e non via modem, possono comunicare ad elevata velocità.

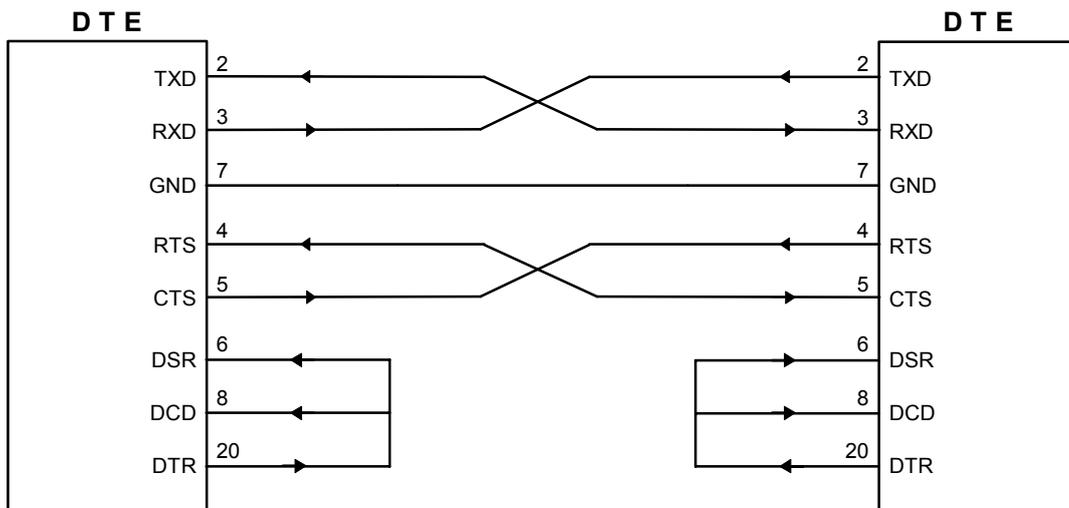


Fig. 12. - Collegamento tra due computer via RS-232C con cavo NULL-MODEM con possibilità di handshake.

5. Modem

È il dispositivo periferico che consente il collegamento seriale tra due computer remoti o tra un computer e un terminale utilizzando come linea di comunicazione quella telefonica. Col termine MODEM si intende la fusione delle parole MODulatore DEModulatore. Tale dispositivo, infatti, assolve principalmente il compito di trasformare il segnale digitale proveniente da un dispositivo DTE (Data Terminal Equipment) come, ad esempio, l'uscita seriale di un computer o la tastiera di un

dispositivo terminale, in un segnale analogico con frequenze contenute in un canale telefonico che, come si sa, va da 300Hz a 3400Hz.

Il modem, quindi, svolge l'operazione di adattamento del segnale digitale alla linea telefonica attraverso una conversione digitale analogica.

Tra la linea telefonica e il dispositivo DTE ricevitore deve essere connesso un altro modem che svolge il compito opposto a quello inserito nel lato trasmettitore: trasforma il segnale analogico proveniente dalla linea telefonica in segnale digitale perfettamente identico a quello inviato dal DTE trasmettitore.

Ciascun modem, ovviamente, presenta al suo interno due canali distinti: il canale modulatore utilizzato nella trasmissione e il canale demodulatore utilizzato nella ricezione.

Oltre a questi fondamentali compiti, il modem svolge altre operazioni, pur importanti, per realizzare una corretta ed efficiente trasmissione.

5.1. Classificazione dei modem

I modem possono essere classificati nelle seguenti categorie:

- modem fonici;
- modem a larga banda;
- modem in banda base.

I primi hanno le caratteristiche precedentemente descritte: la larghezza di banda pari ad un canale telefonico limita la velocità di trasmissione a 56Kbps (bit per secondo) nei modem conformi alla raccomandazione V.34 dell' ITU-T e a 300bps nei vecchi modem conformi alla raccomandazione V.21 dell' ITU-T.

I modem a larga banda utilizzano il gruppo primario che va da 60KHz a 108KHz costituito da 12 canali telefonici: $(108-60)/4 = 12$.

Ciò consente velocità di trasmissione più elevate come, ad esempio, nei modem conformi alle raccomandazioni V.35, V.36 (48000bps) e V.37 (144000bps).

In fig.13 si mostra lo schema a blocchi semplificato di un modem in banda fonica e a larga banda.

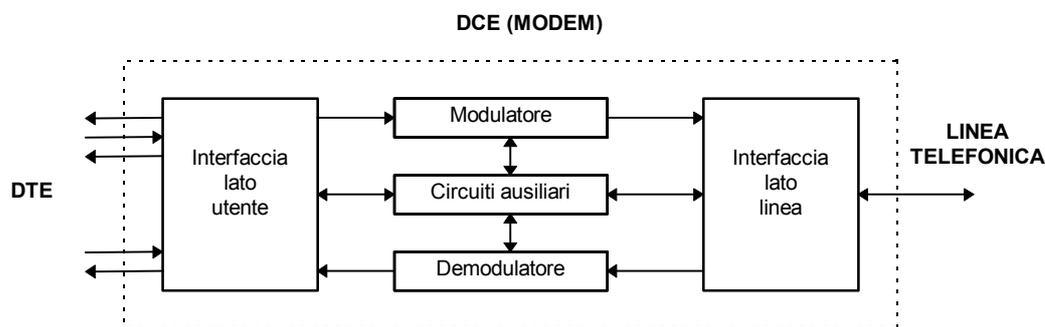


Fig. 13. - Schema a blocchi di un modem in banda fonica e a larga banda.

I modem in banda base si utilizzano nei collegamenti a breve distanza che non superino alcuni Km.

Il segnale digitale transita direttamente nella linea su un doppino telefonico che collega direttamente i due utenti (rete telefonica dedicata) dopo aver subito solo una conversione di codice per meglio adattarsi alla linea. Tali modem, pertanto, non realizzano la modulazione e demodulazione analogica ma solo una conversione di codice.

I modem in banda base risultano più semplici rispetto a quelli fonici e consentono una trasmissione più veloce fino a 72000bps.

In fig.14 si mostra lo schema a blocchi semplificato di un modem in banda base.

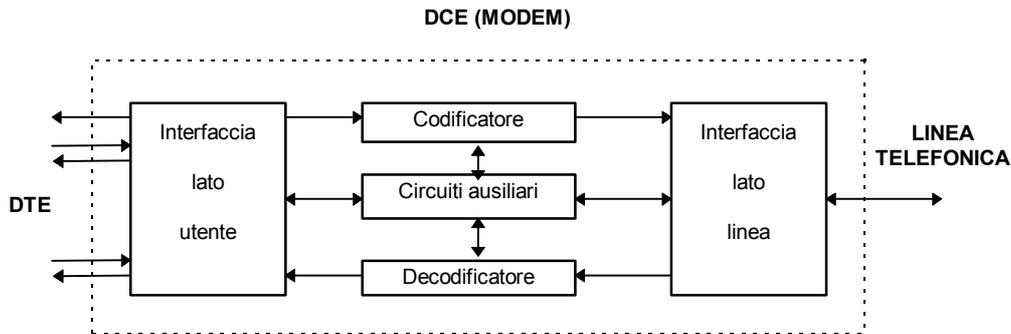


Fig. 14. - Schema a blocchi di un modem in banda base.

5.2. Modalità di scambio dei dati

I modem possono scambiare dati tra di loro in tre modalità:

- Simplex
- Half duplex
- Full duplex

Nel primo caso, i dati transitano solo dal trasmettitore al ricevitore. Questa modalità di funzionamento non è, al giorno d'oggi, più utilizzata per l'impossibilità di avere un riscontro sulla correttezza della trasmissione (fig.15).



Fig. 15. - Collegamento simplex.

La trasmissione *half-duplex*, un tempo molto utilizzata, consente la trasmissione bidirezionale ma in momenti diversi (fig.16). Quando un dispositivo trasmette l'altro riceve e viceversa.

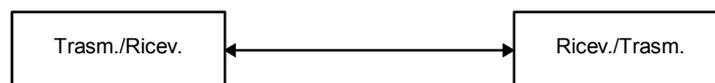


Fig. 16. - Collegamento half-duplex.

La trasmissione full-duplex, infine, consente la trasmissione bidirezionale simultanea permettendo ai dati di viaggiare su canali fisici distinti (il modem si collega

alla linea telefonica con quattro fili) o su un solo canale fisico (a due fili) avvalendosi, però, della tecnica della moltiplicazione al fine di evitare collisioni. È la tecnica di comunicazione più veloce perchè consente un più razionale utilizzo del tempo a disposizione (fig.17).

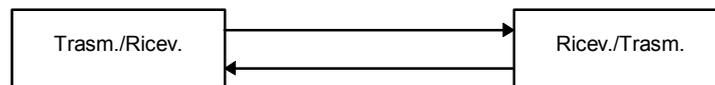


Fig. 17. - Collegamento full-duplex.

5.3. Modulazioni utilizzate

La modulazione consiste nella modifica dello spettro di frequenza del segnale digitale in tutti i tipi di modem e nella traslazione della banda di frequenza nei modem fonici e a larga banda.

La traslazione dello spettro si ottiene modulando un'onda sinusoidale a frequenza fissa detta *portante* con il segnale digitale da trasmettere.

Sono possibili varie tecniche di modulazione:

- modulazione di frequenza FSK (Frequency Shift Keying);
- modulazione di fase PSK (Phase Shift Keying);
- modulazione di ampiezza ASK (Amplitude Shift Keying);
- modulazione QAM (Quadrature Amplitude Modulation).

5.3.1. Modulazione di frequenza FSK

Nella modulazione di frequenza, come è noto, si utilizzano due frequenze differenti per rappresentare i simboli digitali 0 e 1. È utilizzata nei modem conformi alle normative del ITU-T V.21 e V.23. Poiché questi sono modem lenti tale tecnica non è più utilizzata.

5.3.2. Modulazione di fase PSK

Nella modulazione di fase si associa una diversa fase dell'onda portante ad un gruppo di bit. Generando, ad esempio, quattro sfasamenti distinti (45° , 135° , 225° , 315°) si associano due bit a ciascuno sfasamento ottenendo, così, un raddoppio della velocità di trasmissione in bps. È impiegata per modem a media velocità.

Molto usata è, in realtà, la *modulazione di fase differenziale DPSK*.

5.3.3. Modulazione d'ampiezza ASK

Nella modulazione di ampiezza si associano alla portante due ampiezze differenti : una per rappresentare lo 0 e l'altra per rappresentare l'1. Nella modulazione ASK denominata OOK (On Off Keyng) l'assenza di portante si associa a 0 e la presenza di portante ad 1. La modulazione OOK non trova applicazione nei modem.

5.3.4. Modulazione QAM

Trova molta applicazione, invece, la modulazione mista di fase e di ampiezza denominata modulazione QAM (Quadrature Amplitude Modulation) nei modem a velocità superiore a 4800bps.

Un gruppo di n bit da trasmettere modula la portante in modo da ottenere un segnale sinusoidale di opportuna ampiezza e fase. La *velocità di trasmissione* (in bps) è n volte più grande della *rapidità di modulazione* (in baud).

Questa modulazione consente di distanziare maggiormente gli stati significativi nel diagramma di modulazione per cui presenta bassa sensibilità ai disturbi di linea.

5.3.5. Codifica in banda base

Nei modem in banda base non si trasmettono i dati digitali così come sono ma si utilizza un convertitore di codice.

Infatti, in presenza di una lunga sequenza di 0 o di 1, gli eventuali circuiti traslatori presenti in linea sopprimono la componente continua dell'informazione rischiando di rendere incomprensibile l'informazione digitale. Inoltre, risulta difficoltoso estrarre il segnale di sincronismo.

Si ricorre, quindi, all'utilizzo di particolari codici come il codice bifase o Manchester, il codice bifase differenziale e il codice di Miller noto anche come codice a modulazione di ritardo.

5.4. Struttura di un modem in banda fonica

In fig.18 si mostra lo schema a blocchi di un modem in banda fonica che, sostanzialmente, si ispira a quello esaminato in fig.13.

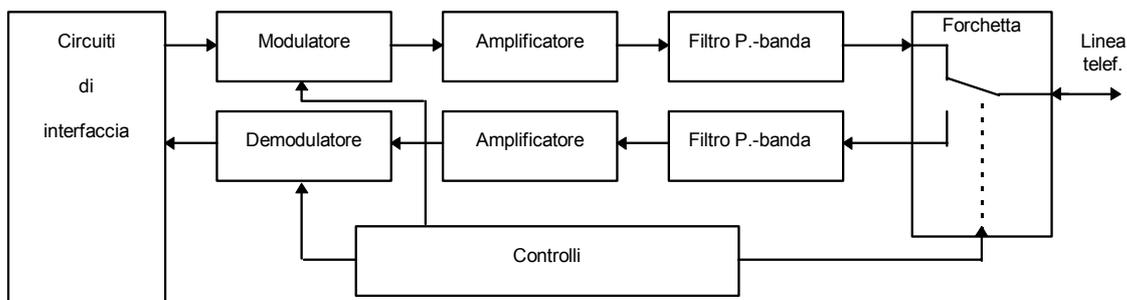


Fig. 18. - Schema a blocchi di un modem fonico.

Il *modulatore* trasforma gli impulsi elettrici digitali in una forma d'onda analogica in grado di essere trasmessa su linea telefonica.

Il *demodulatore* svolge il compito inverso: trasforma il segnale analogico della rete telefonica in un segnale digitale interpretabile dal sistema di elaborazione.

L'*amplificatore* serve a conferire il corretto livello di tensione da inviare in linea o al demodulatore.

Il *filtro passa-banda* permette di limitare la banda passante del segnale a quella vocale telefonica (300-3400Hz).

I *circuiti di interfaccia* consentono l'adattamento elettrico delle linee digitali a quelle del modem e gestiscono la comunicazione. Uno degli standard più utilizzati è quello americano RS-232 corrispondente alle raccomandazioni dell'ITU-T V.24/V.28.

Il blocco denominato *controlli* contiene i circuiti di *scrambler* e *descrambler* molto utili nei modem sincroni per l'estrazione degli impulsi di clock dai dati ricevuti e i circuiti di equalizzazione per compensare le distorsioni lineari in ampiezza e in fase in corrispondenza delle varie armoniche del segnale.

Nei paragrafi successivi saranno esaminati i circuiti fondamentali contenuti nel blocco controlli.

5.5. Scrambler e Descrambler

I modem sincroni funzionanti in ricezione sono in grado di ricavare gli impulsi di sincronismo dal segnale d'uscita del filtro passa-banda grazie all'utilizzo di un rivelatore di zero.

In presenza di una lunga sequenza di zero o di uno si avrebbe difficoltà ad estrarre il clock che, ricordiamo, deve essere perfettamente accordato in frequenza e in fase con quello del trasmettitore.

Un altro inconveniente generato dalla presenza di una lunga sequenza di bit costanti è la distribuzione della potenza in bassa frequenza.

L'inserimento di un circuito scrambler (rimescolatore) nello stadio di trasmissione, consente la generazione di sequenze di bit pseudo-casuali, quindi una frequente alternanza di zero ed uno anche in presenza di dati in trasmissione costituiti da bit costanti.

Ciò facilita il recupero dei segnali di clock da parte del modem ricevitore ed inoltre produce una distribuzione uniforme sulla banda telefonica del contenuto energetico del segnale utile per eliminare le interferenze fra canali telefonici adiacenti presenti sulla stessa linea di comunicazione.

È necessario che nel modem ricevitore sia presente un circuito descrambler in grado di compiere l'operazione opposta allo scrambler in modo da ricostruire fedelmente i dati inviati dal DTE trasmettitore affinché le informazioni ricevute possano essere correttamente interpretate.

5.5.1. Scrambler e Descrambler normali

In fig.19 si mostra lo schema logico di uno scrambler normale. Esso è costituito da un registro a scorrimento a 7 bit, impiegato come generatore di sequenze pseudocasuali a 127 stati ($2^7-1=127$), poiché utilizza uno XOR comandato dalle uscite Q1 e Q7 del registro.

La linea Y, denominata *uscita dati*, va applicata al circuito modulatore.

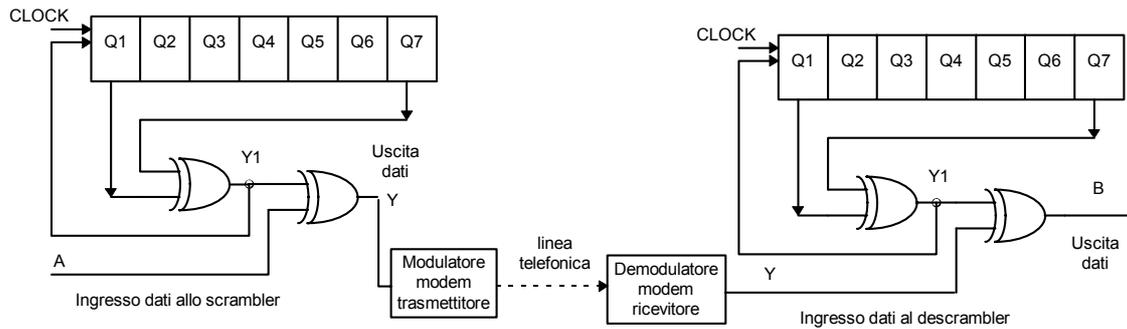


Fig. 19. - Scrambler normale.

L'uscita $Y1$ è applicata all'ingresso seriale del registro.

L'ingresso dati proviene dal DTE trasmettitore.

Il circuito descrambler è assolutamente identico allo scrambler.

Per un corretto collegamento i clock dello scrambler e del descrambler devono essere sincronizzati fra di loro ed i registri devono partire da una stessa configurazione.

Nelle precedenti ipotesi, supponendo di indicare con B la linea d'uscita del descrambler, nel caso di una corretta trasmissione in linea si ha :

$$Y1 = Q1 \oplus Q7 \text{ (segnale generato dallo scrambler e dal descrambler);}$$

$$Y = A \oplus Y1 \text{ (segnale digitale da trasmettere in linea dallo scrambler);}$$

$$B = Y \oplus Y1 = A \oplus Y1 \oplus Y1 = A \text{ (segnale digitale convertito dal descrambler)}$$

$$\text{poiché : } Y1 \oplus Y1 = 0 \text{ e: } A \oplus 0 = A.$$

5.5.2. Scrambler autosincronizzante

Lo scrambler autosincronizzante mostrato in fig.20 migliora le prestazioni dello scrambler normale perché le sequenze pseudo-casuali generate dal registro a scorrimento dipendono dai bit di ingresso.

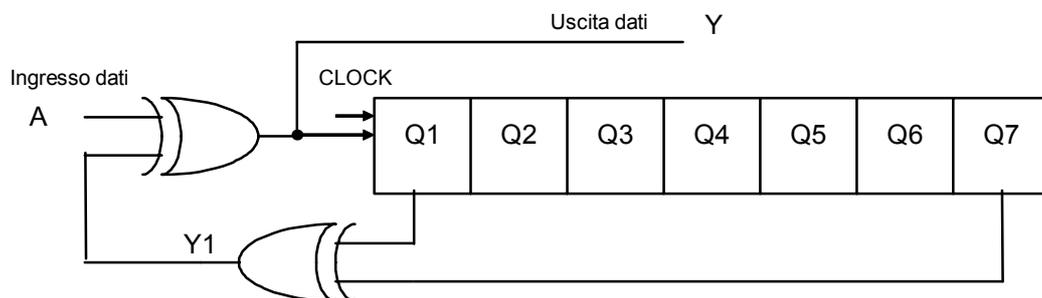


Fig. 20. - Scrambler autosincronizzante.

Il descrambler, in tal caso, può recuperare eventuali perdite di sincronismo senza dover far ripartire il registro a scorrimento dello scrambler dalla configurazione iniziale.

Un eventuale bit errato introdotto nella linea provoca nel descrambler un numero multiplo di errori in quanto tale bit errato influenza la sequenza generata.

5.5.3. Scrambler autosincronizzante ITU-T V.27

Se la sequenza pseudo-casuale generata su Y1 dai precedenti circuiti assume livelli opposti a quelli presenti sulla linea A si ha:

$$Y = Y1 \oplus A = 0$$

In tal caso l'uscita dello scrambler non presenta transizioni vanificando, così, la motivazione del suo utilizzo.

In fig.21 si mostra lo schema logico di uno scrambler/descrambler autosincronizzante modificato proposto dall' ITU-T nella raccomandazione V.27.

Lo schema di fig.21 è relativo sia allo scrambler che al descrambler in funzione della posizione del deviatore di ingresso.

Il circuito consta di un registro a scorrimento a 12 bit, di un divisore di frequenza per 64 e di un flip flop di tipo D.

Il divisore di frequenza genera onde quadre che per 32 periodi di clock sono al livello basso e per altrettanti al livello alto.

La linea di reset, attiva sul livello alto, è comandata da una logica combinatoria che dipende dai bit 9 e 12 del registro e dall'uscita Q del flip-flop.

Durante il funzionamento normale l'ingresso dati del registro e i bit 9 e 12 sono tali da rendere variabile la linea reset che obbliga l'uscita Q del flip flop D a livello 0.

Nel caso di lunghe sequenze di bit 0 oppure di 1 all'ingresso del registro la linea di reset è al livello basso.

Quando, però, l'uscita Q del divisore di frequenza diventa 1, al successivo impulso di clock l'uscita Q del flip flop commuta ad 1 e ciò provoca la commutazione del bit di entrata del registro e il reset sia del flip flop che del divisore di frequenza.

Tutto ciò consente l'interruzione della sequenza costante nei dati inviati allo scrambler.

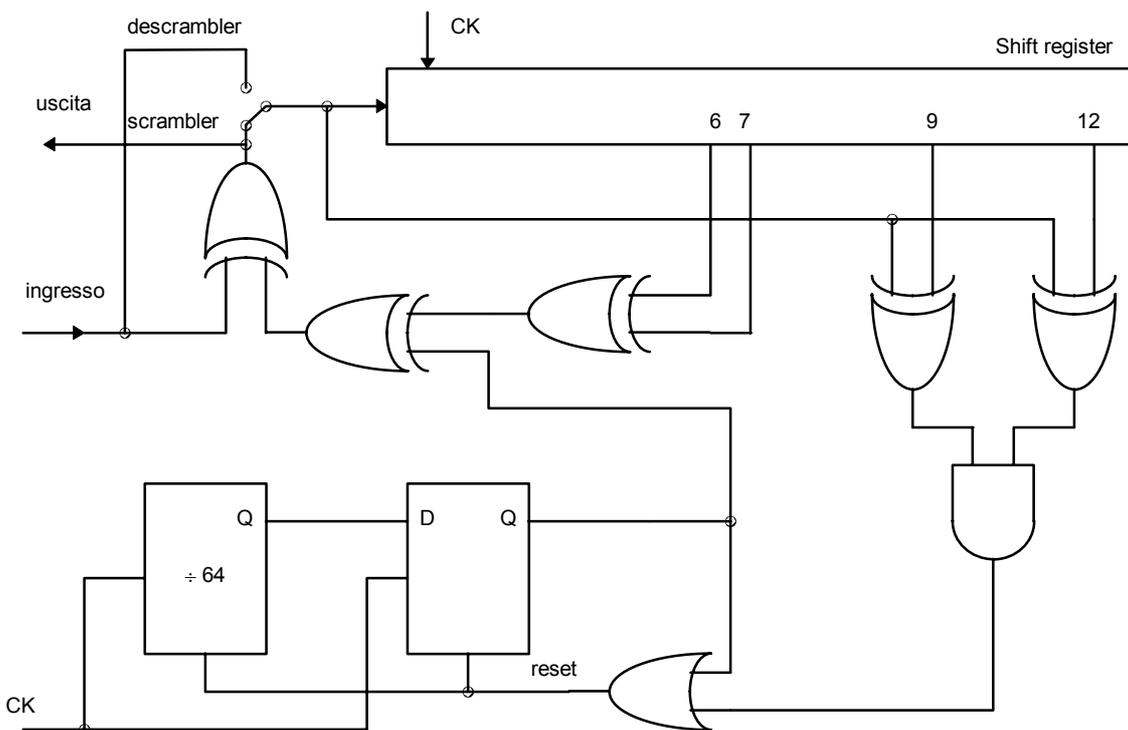


Fig. 21. - Scrambler/descrambler autosincronizzante proposto dal ITU-T nella raccomandazione V.27.

5.6. Circuiti di equalizzazione

Le caratteristiche trasmissive della linea non devono provocare distorsioni di fase e di ampiezza affinché il segnale in ricezione si possa ricostruire correttamente.

In pratica il segnale subisce attenuazione e ritardo di gruppo non costante alle varie armoniche.

Per eliminare o, quanto meno, ridurre questi inconvenienti, si utilizzano nei MODEM dei dispositivi noti come *equalizzatori* in grado di far rientrare i valori del segnale all'interno di "maschere" definite dal ITU-T.

Si descrivono due tipi di equalizzatori:

- statistico;
- automatico o adattativo.

5.6.1. Equalizzatore statistico

Le caratteristiche di ampiezza e di fase dell'equalizzatore statistico sono tali da compensare parzialmente le distorsioni introdotte dalla linea telefonica. È utilizzato nei modem a bassa velocità funzionanti sulla rete telefonica commutata RC, poiché le caratteristiche della linea variano.

In fig.22 si mostrano le risposte in frequenza del ritardo di gruppo e dell'attenuazione della linea in a), dell'equalizzatore statistico in b) e la caratteristica risultante in c).

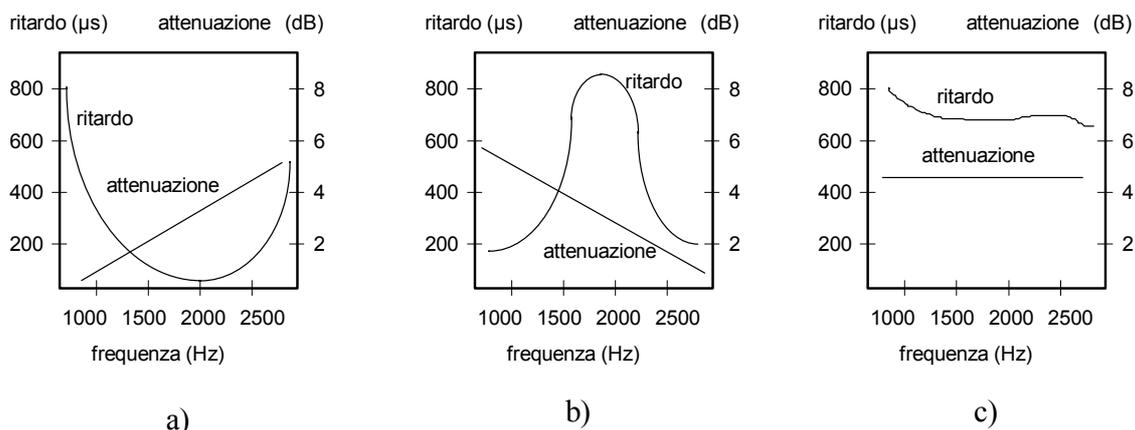


Fig. 22. - Risposte in frequenza del ritardo di gruppo e dell'attenuazione: a) della linea ; b) dell'equalizzatore statistico ; c) caratteristica risultante.

Esaminando la fig.22c) si nota che l'equalizzatore ha reso costanti l'attenuazione e il ritardo di gruppo nella banda fonica compensando, così, l'effetto distortente della linea.

Poiché le caratteristiche della linea telefonica commutata variano col tempo, l'equalizzatore riesce a compensarle in modo più o meno efficace. Le caratteristiche di tale equalizzatore sono state imposte considerando la media di quelle della linea telefonica da cui il nome.

5.6.2. Equalizzatore automatico o adattativo

L'equalizzatore automatico o adattativo è in grado di adattare le proprie caratteristiche in modo da compensare continuamente le distorsioni della linea.

All'inizio della trasmissione viene realizzata una taratura automatica consistente nell'invio di una sequenza campione che permette all'equalizzatore di rilevare le caratteristiche della linea.

Il segnale distorto è concepito come la somma tra il segnale ideale ed una serie di echi ritardati di un tempo pari alla durata di un bit. Per annullare gli effetti della distorsione si sommano, al segnale, componenti di eco di segno opposto in modo da realizzare così una equalizzazione di fase e di ampiezza.

Si mostra in fig.23 l'effetto della equalizzazione con una componente di eco in anticipo e in ritardo.

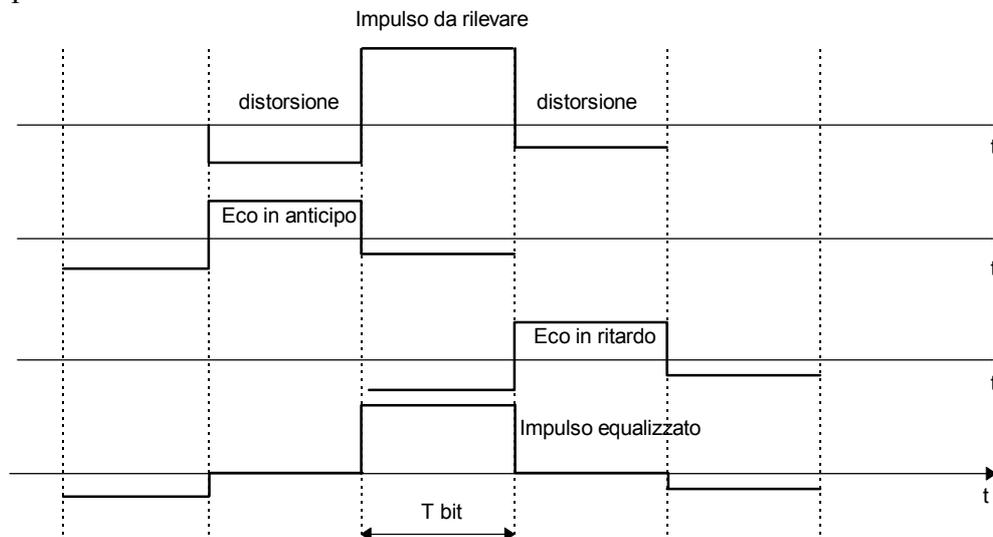


Fig. 23. - Equalizzazione di un impulso distorto.

Nell'esempio si nota la presenza della distorsione, anche se in misura inferiore, due tempi di bit prima e dopo l'impulso equalizzato. Per annullare anche queste componenti si aggiungono numerose componenti di eco opportunamente attenuate in ampiezza.

Il dispositivo è costituito da $2n$ linee di ritardo, da $2n+1$ circuiti moltiplicatori per una costante K che può assumere valori tra -1 , $+1$ e da un sommatore come in fig.24.

Il segnale entra nelle celle di ritardo con un ritmo pari alla velocità in bit/sec.

Dopo un certo tempo sono presenti nelle celle $2n$ simboli di cui il centrale è quello da rilevare. Il valore dell'impulso si può definire con la seguente formula:

$$V_o(t) = \sum K_i \cdot V_i(t-i \cdot \tau) \quad i = -n, \dots, +n$$

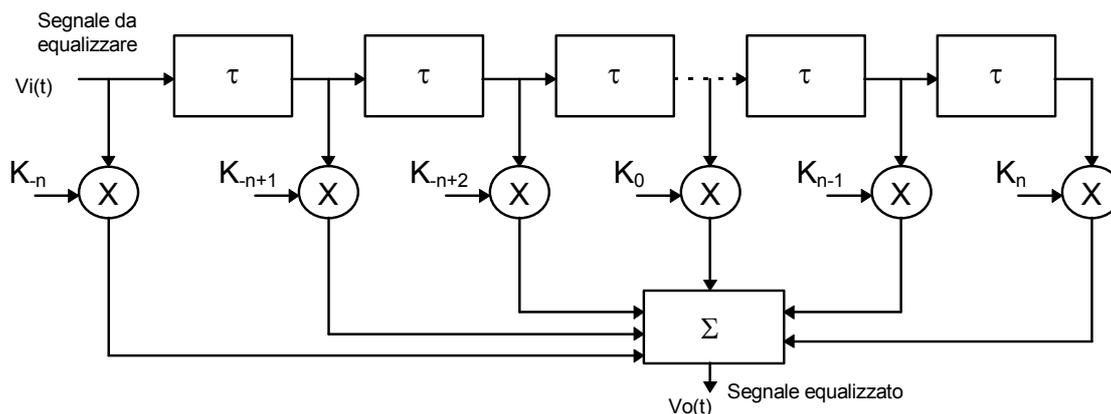


Fig. 24. - Equalizzatore automatico a filtri trasversali.

5.7. Correzione degli errori

I modem ad elevata velocità sono molto sensibili ai disturbi e alle distorsioni della linea. Infatti nella modulazione QAM si utilizzano molto più di due livelli di segnale: la distanza tra due livelli adiacenti è esigua e l'introduzione di un rumore può facilmente portare alla decodifica di un dato errato.

È importante, quindi, che i modem adottino provvedimenti per il controllo e la correzione degli errori.

I protocolli utilizzati sono quelli della serie MNP o dell'ITU-T per la rilevazione e correzione degli errori e funzionano sullo stesso principio: i dati trasmessi sono suddivisi in pacchetti che contengono informazioni supplementari (ridondanza) che dipendono dai dati stessi. Ad esempio, nel controllo di checksum si sommano i byte dei dati e si assume come controllo il byte meno significativo della somma. Il ricevitore ricalcola la somma e confronta il checksum ottenuto con quello ricevuto: se sono diversi viene richiesta la ritrasmissione del pacchetto.

La frequente ritrasmissione si manifesta all'utente con una bassa produttività.

In tabella 2 si elencano le caratteristiche di trasmissione supportate dai protocolli proprietari³ MNP (Microcom Networking Protocol) e da quello standardizzato V.42.

La *negoiazione* consiste nella capacità di stabilire col modem remoto la dimensione di un pacchetto in fase di inizializzazione e la lunghezza dello stesso durante la trasmissione in funzione della numerosità degli errori rilevati. Questo metodo prende il nome di *fallback*.

³ Sono quelli stabiliti da un costruttore che, di norma, non sono adottati da tutti gli altri costruttori.

Il protocollo V.42 (ITU-T del 1989) risponde agli standard del modello ISO/OSI ed usa la tecnica LAPM (Link Access Procedures for Modems) oppure MNP 2-3-4 e 10.

Le principali caratteristiche della tecnica LAPM, basato sul protocollo di secondo livello orientato al bit HDLC (High Data Link Control), sono:

- collegamento a modem della serie V privi della correzione automatica degli errori e aventi convertitori asincrono/sincrono;
- correzione degli errori attraverso la ritrasmissione automatica dei dati;
- controllo ciclico di ridondanza per la rivelazione degli errori;
- i dati asincroni start-stop provenienti dal DTE sono convertiti in sincroni per la trasmissione in rete telefonica.

Tab. 2

PROTOCOLLO	SINCRONISMO	COLLEGAMENTO	NEGOZIAZIONE	STANDARD ISO
MNP1	ASINCRONO	HALF-DUPLEX	NO	NO
MNP2	ASINCRONO	FULL-DUPLEX	NO	NO
MNP3	SINCRONO	FULL-DUPLEX	NO	NO
MNP4	SINCRONO	FULL-DUPLEX	SI	NO
V.42	SINCRONO	FULL-DUPLEX	SI	SI

5.8. Compressione dei dati

Per aumentare la velocità di trasmissione i modem moderni utilizzano tecniche di compressione dati. Ciò è possibile sfruttando le caratteristiche di ripetizione e di diversa frequenza di occorrenza di un dato di testo o grafico.

Nel caso di *messaggi testuali* si adotta il seguente principio: si utilizzano meno di 8 bit per i caratteri più frequenti e fino a 11 bit per quelli meno frequenti. Ciò consente una notevole compressione del testo da trasmettere.

Nella trasmissione di *immagini* il principio è diverso: nel caso di zone con pixel dello stesso colore, si può eliminare la ripetizione sostituendo la sequenza di byte uguali con una stringa costituita da un carattere di *escape* che consente il riconoscimento, dal dato ripetuto e dal numero di ripetizioni.

Lo standard ITU-Y per la compressione dei dati è il V.42bis (anno 1990) usa la tecnica BTLZ (British Telecom Lempel-Ziv). Esso integra lo standard proprietario MNP5, utilizza le due tecniche precedentemente descritte e consente un rapporto massimo teorico di compressione di 4:1.

Ovviamente anche il modem remoto deve supportare tale standard affinché la compressione dei dati possa essere effettuata.

Per realizzare tale tecnica la velocità di trasmissione tra DTE e DCE (tra computer e modem) deve, teoricamente, essere quadrupla di quella in linea tra modem e modem.

Se, ad esempio, si utilizza un modem che trasmette secondo lo standard V.34 a 28800bps, la porta seriale del computer deve essere settata alla velocità pari a:

$$28800 \times 4 = 115200\text{bps}$$

Se l'UART inserito nella porta seriale è il vecchio 8251 tale velocità non è supportata e se si esegue la ricezione dati ben presto si ottiene il sovraccarico (overrun) di dati che non si riescono a smaltire nella tratta modem-porta seriale. Se l'UART è il moderno 16550 la massima velocità permessa è 115200bps.

Il protocollo V.42bis definisce due modi di operazioni:

- compresso
- trasparente

Nel modo compresso le stringhe di caratteri subiscono la compressione descritta. Se il file è già compresso (.ZIP o .GIF per immagini e disegni) il modem si predispose automaticamente nel funzionamento trasparente che consiste nel non eseguire alcuna compressione.

5.9. Stati del modem

Il modem può trovarsi in uno dei seguenti cinque stati:

- stato di attesa (idle);
- stato di collegamento (dialing);
- stato di scambio dei segnali di controllo (handshake);
- stato in linea (online);
- stato di comando in linea (online command).

In fig.25 si mostrano le possibili transizioni da uno stato all'altro.

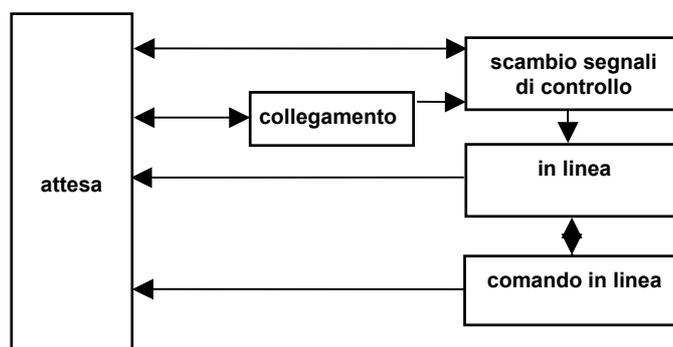


Fig. 25. - Possibili stati del modem e relative transizioni.

Nello stato di *attesa* il modem non comunica con nessun altro modem ed è pronto ad accettare comandi. Il modem si porta in tale stato quando lo si alimenta.

Nello stato di *collegamento* il modem può trovarsi in attesa di un tono di collegamento, può inviare segnali di collegamento, può essere in pausa o in altre operazioni di collegamento. Il modem entra in tale stato dopo l'esecuzione di un comando D (dial) di collegamento.

Nello stato di *scambio dei segnali di controllo* il modem può inviare una risposta di tono, può essere in attesa di una risposta di tono o scambiare segnali di controllo (handshake) con un altro modem. Il modem entra nello stato di handshake quando avviene una delle seguenti condizioni:

- completamento del processo di collegamento;
- modem in autorisposta;
- transizione OFF-ON della linea DTR dell'interfaccia RS-232 quando il comando &M3 è in esecuzione (funzionamento modo sincrono 3);
- all'accensione nel caso in cui il collegamento è in linea dedicata (si scavalca lo stato di collegamento).

Nello stato *in linea* il modem trasmette e riceve i dati con un modem remoto. Il modem può entrare nello stato *in linea* dallo stato di *scambio dei segnali di controllo* o dallo stato *comando in linea*.

Nello stato *comando in linea* il modem mantiene il collegamento col modem remoto ma elabora segnali e comandi col DTE.

5.10. Modem interni ed esterni

I modem possono essere interni o esterni.

I primi si inseriscono in una slot di espansione del personal computer e, pertanto, non si interfacciano direttamente con alcuna porta seriale. Essi sono configurati in fabbrica su COM4 ed utilizzano la linea di interrupt IRQ3. Queste due scelte risultano corrette per la maggior parte dei casi. Se COM4 è utilizzata da un altro dispositivo è possibile selezionare la porta seriale attraverso dei ponticelli inseriti sulla scheda seguendo le indicazioni del costruttore.

I modem esterni, solitamente, presentano nella parte posteriore:

- un connettore a 25 poli femmina che dovrà essere collegato, tramite un cavo, all'interfaccia seriale RS-232 del computer che si presenta, a sua volta con un connettore maschio a 25 o a 9 poli;
- un connettore di alimentazione a 12Vac;
- un connettore RJ11, contrassegnato con LINE, da collegare alla presa telefonica;
- un altro connettore RJ11, contrassegnato con PHONE, a cui collegare un eventuale telefono.

Sul pannello frontale, oltre all'interruttore di accensione, il modem presenta una serie di LED che indicano lo stato di funzionamento del dispositivo (tabella 3).

Nei moderni modem esterni, l'interfaccia al computer avviene attraverso la porta USB (Universal Serial Bus) notevolmente più veloce della classica RS-232 in via di obsolescenza.

Tab. 3

NOME	SIGNIFICATO	FUNZIONE
MR	Modem Ready	Acceso quando il modem è alimentato
TR	Terminal Ready	Acceso quando il segnale DTR è attivo
SD	Send Data	Acceso quando il modem trasmette ad un modem remoto ⁴
RD	Receive Data	Acceso quando il modem riceve da un modem remoto ⁵
OH	Off Hook	Acceso quando il modem è sganciato
CD	Carrier Detection	Acceso quando il modem rileva la portante remota
AA	Auto Answer	Acceso quando è abilitata la risposta automatica
EC	Error Correction	Acceso quando il modem sta effettuando la correzione degli errori

5.11. Comandi del modem

I modem che possono attivare diverse modalità di funzionamento, attraverso dei comandi noti come *comandi AT* (attention), si dicono *Hayes compatibili* dal nome della ditta americana *Hayes Microcomputer Product* che per prima ha utilizzato tali comandi.

⁴ SD rappresenta il dato seriale mandato dal modem al DTE sulla linea TxD (pin2). Un segnale mark sul pin2 corrisponde al led spento.

⁵ RD rappresenta il dato seriale mandato al DTE dal modem sulla linea RxD (pin3). Un segnale mark sul pin3 corrisponde al led spento.

Esistono numerosi software di comunicazione che consentono l'uso dei comandi AT.

In origine per impartire un comando AT era sufficiente una lettera dell'alfabeto: il set di comandi, quindi, era limitato a 26. Successivamente, data la complessità e la molteplicità operativa dei modem, sono stati introdotti i comandi estesi che si riconoscono dal fatto che sono preceduti dai simboli &, %, \.

I comandi estesi consentono di personalizzare il funzionamento del modem. In tal caso vengono utilizzati delle locazioni di memoria, noti come *registri S*, contenuti in una memoria non volatile riprogrammabile di tipo NOVRAM o EEPROM, in modo da conservare la configurazione assegnata al modem alla successiva accensione.

Il modem è preconfigurato in fabbrica secondo criteri razionali. Nel caso si desideri tornare alla configurazione di base è sufficiente impartire il seguente comando AT esteso: **AT&F**.

All'accensione il modem si predispose nel modo comando in attesa di eseguire un comando AT e rimane in tale stato fino al collegamento con un modem remoto. I comandi sono, solitamente, inviati al modem da un computer che utilizza un programma di comunicazione con una velocità scelta fra quelle consentite dal modem.

Tutti i comandi iniziano con il prefisso AT seguito da una serie di caratteri; i comandi si confermano digitando il tasto INVIO.

La stringa di comando può contenere una serie di comandi digitati con o senza spazi. L'inserimento degli spazi tra un comando e l'altro migliora la leggibilità.

Il carattere può essere indifferentemente maiuscolo o minuscolo ma non una loro combinazione.

5.11.1. Comandi AT standard

In tabella 4 si mostrano i comandi AT standard utilizzati dalla maggior parte dei modem. In neretto si indicano le impostazioni standard per un tipico modem V.34.

Tab. 4. - Comandi AT standard

COMANDO	FUNZIONE
A	(Answer) Il modem risponde ad una chiamata in arrivo
B0	Modi ITU-T V.22/V.21 a 1200/300bps
B1	Modi Bell 212A/103 a 1200/300bps
B2	Modo V.23 a 1200bps
Dn	(Dialing) n=0..9 Cifre per selezione decadica/multifrequenza
S=n	Seleziona uno dei quattro numeri memorizzati (n=0..3)
W	Attende il secondo tono di selezione
@	Attende 5 secondi di silenzio
E0	Eco comandi disabilitata
E1	Eco comandi abilitata
+++	Commuta dal modo dati al modo comandi
H0	Modem agganciato (on-hook)
H1	Modem sganciato
I0	Codice prodotto
I1	Codice somma di verifiche
I2	Test della ROM
L0	Altoparlante muto
L1	Volume altoparlante medio
L2	Volume altoparlante massimo
M0	Altoparlante sempre disattivato
M1	Altoparlante attivato fino al rilevamento della portante
M2	Altoparlante sempre attivato
M3	Altoparlante disattivato durante la selezione, attivato fino al rilevamento della portante
N0	Modo auto disabilitato
N1	Modo auto abilitato
O0	Ritorna al modo trasmissione
O1	Avvia un retrain dell'equalizzatore e ritorna al modo trasmissione
P	Selezione in multifrequenza

Q0	Codici risultato dell'esito del collegamento abilitati
Q1	Codici risultato disabilitati
Q2	Codice risultato suoneria disabilitato
Sr ?	Visualizza il contenuto del registro Sr
Sr = n	Imposta il registro Sr al valore n
T	Selezione decadica
V0	Risposte numeriche
V1	Risposte in testo
X0	Risposte Hayes Smartmodem 300 compatibili/selezione cieca
X1	Come X0 più tutte le risposte connect/selezione cieca
X2	Come X1 più rilevamento tono di selezione
X3	Come X1 più il rilevamento segnale di occupato/selezione cieca
X4	Tutte le risposte e rilevamento tono selezione e segnale di occupato
Y0	Sconnessione spazio lungo disabilitata
Y1	Sconnessione spazio lungo abilitato
Z0	Ripristino e richiamo profilo utente 0
Z1	Ripristino e richiamo profilo utente 1

5.11.2. Comandi AT estesi

In tabella 5 si mostrano alcuni comandi AT estesi utilizzati dalla maggior parte dei modem. In neretto si indicano le impostazioni standard per un tipico modem V.34.

Tab. 5 - Comandi AT estesi

COMANDO	FUNZIONE
&C0	Carrier Detect (CD) sempre ON
&C1	Attiva CD in presenza di portante remota
&D0	Segnale DTR ignorato
&D1	Modem ritorna nel modo comando dopo la commutazione di DTR
&D2	Aggancio e ritorno del modem in modo comando dopo com. DTR
&D3	Ripristino del modem dopo la commutazione di DTR
&F	Configurazione standard di fabbrica
&G0	Tono di guardia disabilitato
&G1	Tono di guardia 550Hz abilitato
&K0	Disabilita controllo di flusso
&K3	Abilita controllo di flusso hardware RTS/CTS
&K4	Abilita controllo di flusso software XON-XOFF
&L0	Imposta modem per funzionamento con linea commutata
&L1	Imposta modem per funzionamento con linea affittata
&L2	Imposta modem per funzionamento con linea affittata all'accensione
&M0	Funzionamento asincrono
&Mn	Funzionamento sincrono n
&S0	DSR sempre ON
&S1	DSR è disattivato nel modo comando, attivato nel modo online
&Tn	Esegue uno dei possibili test (default n=4)
&V	Visualizza profili attivi e memorizzati
&W0	Memorizza profilo attivo come profilo 0
&W1	Memorizza profilo attivo come profilo 1
&X0	Il modem genera clock sincrono
&X1	DTE genera clock sincrono
&X2	DTE genera clock sincrono dal modem remoto
&Y0	Seleziona profilo 0 all'accensione o reset
&Y1	Seleziona profilo 1 all'accensione o reset
&Zn=x	Memorizza num. telefonico x in NOVRAM, n=0...3
%Bn	Seleziona massima velocità di connessione modem, n=300...28800
%D0	Modo non intelligente disattivato
%D1	Modo intelligente abilitato
%Q	Visualizza qualità segnale di linea
%C0	Compressione dati disabilitata
%C1	Compressione dati abilitata
\An	Misura blocco MNP a 64, 128, 192, 256 se n vale 0,1,2,3 rispettiv.
\C0	Nessuna bufferizzazione dei dati durante handshake LAPM/MNP
\C1	Bufferizza tutti i dati per 4 secondi fino alla ricezione di 200 caratteri fino al rilevamento del pacchetto
\C2	Nessuna bufferizzazione dei dati
\G0	Controllo di flusso DCE disabilitato
\G1	Controllo di flusso DCE abilitato

\J0	Disabilita regolazione della velocità trasmissione dati porta seriale
\J1	Abilita regolazione della velocità trasmissione dati porta seriale
\kn	Imposta controllo interruzione n=0..5 (default n=5)
\Nn	Vari modi di funzionamento n=3 Modo automatico V.42/MNP/Normale
\Qn	Controllo flusso n=3 Controllo flusso hardware RTS/CTS
\Vn	Visualizza velocità DCE n=2 con codice risultato esteso modo affidabile dettagliato
\Xn	Elabora XON/XOFF senza "pass-through" (n=0), con "pass-through" (n=1)

5.12. Standard di comunicazione

Il collegamento tra DTE viene realizzato rispettando quanto stabilito da organismi internazionali riconosciuti.

Infatti, anni addietro, la ditta americana Bell System ha utilizzato, nelle sue apparecchiature di comunicazione, uno standard proprio che ha tentato di imporre sul mercato.

Altre ditte si sono comportate come la Bell e ciò ha portato alla incompatibilità tra modem che rispettano uno standard con quelli che rispettano un altro.

Sono apparsi anche i modem multistandard in grado di funzionare, opportunamente guidati, con più standard di comunicazioni.

Oggigiorno i costruttori tendono a produrre modem conformi agli standard emanati dalla ITU-T; i modem con standard "proprietary" sono più efficienti ma sono destinati all'incompatibilità con altri modem a meno che non si comunichi con un altro modem simile.

In realtà i modem con standard proprietario sono multistandard per cui prevedono anche il funzionamento secondo molti altri standard riconosciuti.

Storicamente parlando, i primi modem (V.21) utilizzano la modulazione di frequenza FSK e possono trasmettere a 300bps in full-duplex con modalità asincrona.

Nella trasmissione uno dei modem assume il ruolo di modem primario e l'altro secondario.

La frequenza portante del modem primario è 1080Hz: il bit 0 è rappresentato dalla frequenza di 1180Hz, il bit 1 è rappresentato dalla frequenza di 980Hz.

La frequenza portante del modem secondario è 1750Hz: il bit 0 è rappresentato dalla frequenza di 1850Hz, il bit 1 è rappresentato dalla frequenza di 1650Hz.

Come si può notare, per la rappresentazione dello zero e dell'uno si aumenta o si diminuisce la frequenza portante di 100Hz.

Il demodulatore deve poter tollerare degli scarti di frequenza di ± 12 Hz poiché il modulatore del modem trasmettitore ha una stabilità in frequenza di ± 6 Hz e la linea produce, al più, uno scarto di frequenza di ± 6 Hz.

La soglia del rivelatore della portante in ricezione è di -43dBm.

Successivamente sono stati immessi sul mercato modem che seguono lo standard V.26 che utilizzano la modulazione di fase differenziale DPSK, con portante a 1800Hz ± 1 Hz, e trasmettono a 2400bps in full-duplex sincrona su rete dedicata a 4 fili.

La sequenza di dati da trasmettere è suddivisa in coppie di bit (dibit) codificate con un salto di fase rispetto a quella della coppia di bit immediatamente precedente.

La rapidità di modulazione è di 1200 baud per cui la velocità di trasmissione è:

$$1200 \cdot 2 = 2400 \text{ bps.}$$

I modem che seguono lo standard V.29 utilizzano la modulazione QAM e consentono velocità di trasmissione di 9600bps, 7200bps e 4800bps in full-duplex o half-duplex con modalità sincrona su rete dedicata a quattro fili.

La frequenza portante è 1700Hz ± 1 Hz e la rapidità di modulazione è di 2400 baud.

Alla velocità di trasmissione di 9600bps il modem utilizza la modulazione mista di fase e ampiezza a 16 livelli per cui il modulatore agisce su un gruppo di 4 bit: Q2 Q3 Q4 per generare 8 salti di fase e Q1 per l'attribuzione dell'ampiezza in funzione della fase secondo i due prospetti illustrati nella tabella 6.

Tab. 6

Fase	Q1	Ampiezza
0°, 90°, 180°, 270°	0	3
	1	5
45°, 135°, 225°, 315°	0	$\sqrt{2}$
	1	$3\sqrt{2}$

Q2	Q3	Q4	Salto di fase
0	0	0	0
0	0	1	+45°
0	1	0	+90°
0	1	1	+135°
1	0	0	+180°
1	0	1	+225°
1	1	0	+270°
1	1	1	+315°

In fig.26 si mostra il diagramma spaziale.

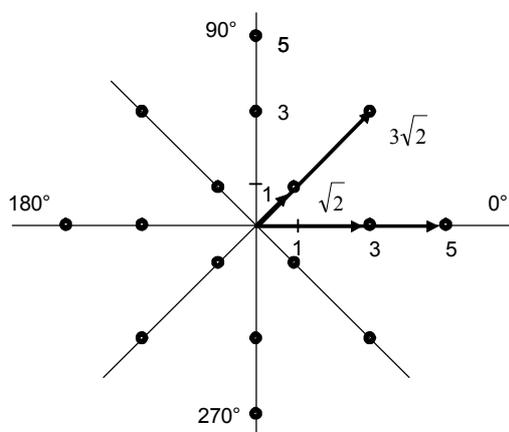


Fig. 26. - Diagramma spaziale della modulazione QAM a 16 livelli per lo standard V.29.

Il modem utilizza un equalizzatore automatico adattativo e può includere un multiplexer in modo da potersi comportare da modem multiporta. In tal caso il modem multiporta si può collegare fino a 4 modem selezionando la velocità di trasmissione a 7200, 4800 e 2400bps.

In fig.27 a) si riporta il diagramma spaziale in cui ogni punto è individuato da 4 bit: i primi due individuano il quadrante di appartenenza e gli altri due la combinazione di fase e ampiezza.

In fig.27 b) i punti sono 32 e ciascuno è individuato da un gruppo di 5 bit anziché 4.

Il bit supplementare, di ridondanza, è impiegato per la correzione di errori ed è ottenuto da un codificatore di *convoluzione*. Il codice così ottenuto è noto come codice *Trellis*.

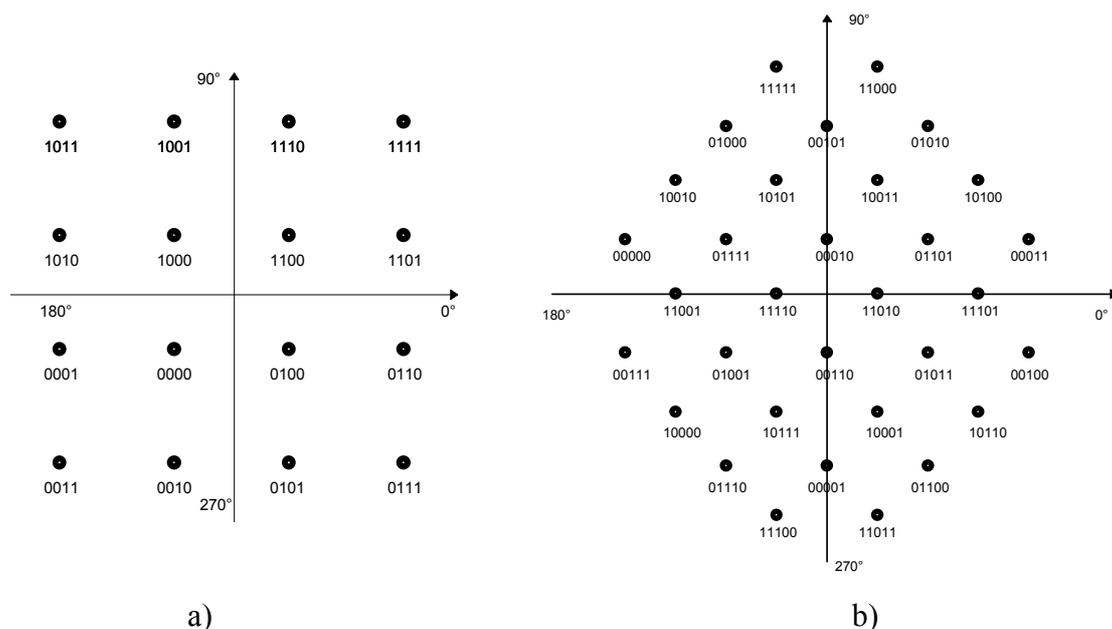


Fig. 27. - Diagramma spaziale del modem V.32: a) con codifica non ridondante; b) con codifica Trellis.

Il modem V.32 bis (febbraio 1991) utilizza la stessa tecnica di modulazione con la differenza che la modulazione QAM è a 128 livelli (7 bit: 6 di dati più uno di ridondanza per la correzione automatica di errore col codice Trellis). Poiché la rapidità di modulazione è 2400 baud, la velocità di trasmissione è: $2400 \cdot 6 = 14400$ bps.

Il modem V.34 (ottobre 1994) funziona alla massima velocità di 28800bps, saggia le caratteristiche della linea (training), all'inizio della trasmissione, inviando all'altro un segnale predefinito: in base alla risposta ottenuta, tara l'equalizzatore adattativo per compensare le distorsioni.

Gli ultimi modem analogici possono funzionare fino alla velocità di 57600 bps e seguono lo standard V.90 e V.92.

5.13. Caratteristiche tecniche di un modem fonico commerciale

I modem attualmente disponibili in commercio presentano una massima velocità di trasmissione di 57600 bps, tecniche sofisticate per la correzione degli errori e tecniche per la compressione dei dati che consentono di portare la velocità di funzionamento a 115200 bps (alcuni modem fino a 230400 bps).

La comunicazione tra i due DCE avviene alla massima velocità di 57600 bps mentre quella tra DCE e DTE può portarsi fino a 230400 bps. Infatti il modem trasmettitore riceve i dati dal DTE con una velocità massima teorica di 230400 bps e li comprime con un algoritmo avente massima efficienza di compressione 4:1.

I dati compressi elaborati dallo scrambler e modulati viaggiano nella linea telefonica a 57600 bps. Il modem ricevitore esegue il processo inverso: demodula il segnale, sottopone i bit generati al descrambler e li decomprime per inviarli alla massima velocità di 230400 bps al DTE ricevitore.

Ovviamente, queste caratteristiche sono garantite a patto che entrambi i modem consentano le stesse prestazioni, che i file siano comprimibili, che la linea telefonica non sia disturbata e che il flusso di dati sia continuo (si veda la gestione del traffico di dati nella rete internet).

Negli ultimi anni tutte queste condizioni si sono rese sempre più realizzabili.

Quasi tutti i modem moderni sono dotati di una sezione che li fa funzionare da fax.

Il costruttore fornisce in dotazione il software che facilita l'uso del modem e del fax anche all'utente non tecnico evitando lo studio dei comandi AT.

5.14. Modem a larga banda

Sono modem utilizzati per trasmissioni ad elevata velocità. Impiegano la modulazione di ampiezza a banda laterale unica SSB con portante a $100\text{KHz} \pm 2\text{Hz}$ nel gruppo primario FDM che si estende da 60 a 108KHz (12 canali telefonici). Essi consentono trasmissioni full-duplex a 4 fili di tipo sincrono con velocità a partire da 48Kbps.

Lo standard V.35 consente velocità di 48Kbps. Il modem è dotato di uno scrambler e descrambler e, opzionalmente, di un canale fonico compreso nella banda 104-108KHz.

Lo standard V.36 ha le stesse caratteristiche dello standard V.35 ma consente velocità di 48, 56, 64 e 72 Kbps.

Infine lo standard V.37, anch'esso con le stesse caratteristiche del V.35, è il più veloce potendo operare a 96, 112, 128 e 144 Kbps.

5.15. Modem in banda base

Sono modem che seguono lo standard V.54, utilizzati per collegamenti punto-punto o multipunto per distanze non superiori ad alcune decine di chilometro su linea telefonica dedicata a 2 fili in half-duplex o 4 fili in full-duplex.

Il collegamento può essere sincrono o asincrono e le velocità consentite sono 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 e 19200 bps. I modem in banda base più recenti consentono velocità fino a 96000 bps. Le prestazioni massime in termini di velocità che si possono raggiungere sono in funzione della distanza di collegamento e della sezione dei cavi di rame utilizzati fino ad un massimo di 19200 bps su tratte di 10Km., tipicamente.

La massima distanza consentita, nel caso di massima velocità di funzionamento, è intorno ai 2Km con cavo in rame da $6/10\text{ mm}^2$.

Il segnale digitale non viene modulato da una portante analogica ma subisce una conversione di codice. L'informazione numerica così ottenuta è trasmessa in linea.

La conversione di codice consente di evitare il trasferimento nella rete telefonica di eventuali lunghe sequenze di zeri o di uno.

Se così fosse si avrebbe difficoltà nell'estrarre il clock dal segnale e nella distinzione dei due livelli logici per la presenza di eventuali circuiti traslatori sulla linea che eliminano la componente continua.

Tra le codifiche più utilizzate ricordiamo quella bifase, nota come *codice Manchester*, il codice bifase differenziale e il codice di Miller, noto come *codice a modulazione di ritardo*.

Il codice Manchester fornisce in uscita la funzione logica *NOR esclusivo* (circuito di coincidenza) tra il clock ricevuto dal modem sulla linea C114 e il dato trasmesso dal DTE sulla linea C103.

In presenza di lunghe sequenze di bit identici, l'uscita del codificatore bifase coincide col clock o con il suo negato e quindi varia nel tempo.

Il codice bifase differenziale produce una variazione di fase di 180° rispetto al periodo di clock precedente se il bit di ingresso vale 1, viceversa non produce alcuna variazione di fase.

In un periodo l'uscita del codice bifase differenziale coincide col clock o col suo negato. È il codice più impiegato nei modem in banda base.

Il codice di Miller determina in uscita una transizione al "centro" del simbolo zero e nel passaggio tra i simboli uno adiacenti.

In fig.28 si mostra la tempificazione dei tre tipi di codici esaminati.

La prima forma d'onda è il clock, la seconda è il dato ricevuto dal modem e le ultime tre rappresentano il segnale codificato da trasmettere in linea.

Le linee sono rappresentate in forma bipolare e in logica negativa come previsto dallo standard RS-232C.

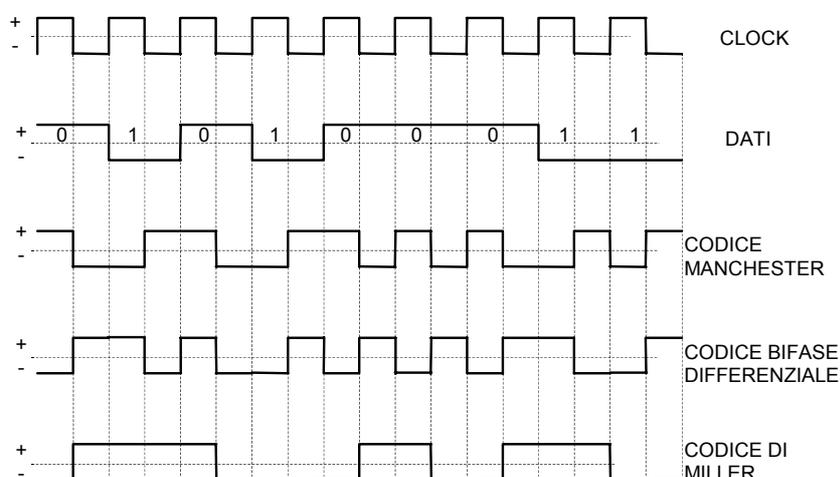


Fig. 28. - Tempificazione del dato 010100011 secondo il codice Manchester, bifase differenziale e di Miller.

La relativa elevata velocità che questo tipo di modem consente nella tratta utente-utente, dipende dal fatto che il segnale non incontra apparecchiature di moltiplicazione in cui avviene la limitazione di banda nella fascia 300-3400Hz.

Le attenuazioni e le distorsioni del doppino telefonico limitano la distanza di esercizio.

L'impiego di equalizzatori ed amplificatori nel modem consentono di aumentare le distanze raggiungibili.

5.16. Misure numeriche sui modem

Le misure numeriche da eseguire per verificare la corretta ricezione dei dati dopo il transito sulla linea telefonica mirano a valutare il tasso di errore e la distorsione.

5.16.1. Tasso d'errore

Per *tasso d'errore* si intende il rapporto tra il numero di bit ricevuti errati e il numero totale di bit trasmessi.

La raccomandazione V.52 dell'ITU-T, a tale proposito, impone l'inoltro in linea di una sequenza ripetitiva di 511 bit pseudocasuali tra i due DTE.

La sequenza, detta anche pseudo-random (PR), è ottenuta dall'uscita seriale SO (Serial Output) di un generatore di sequenze realizzato da un registro a scorrimento a 9 bit al cui ingresso seriale SI (Serial Input) è applicata la funzione logica *OR esclusivo* (circuito di anticoincidenza) tra l'uscita del quinto e nono bit del registro:

$$SI = Q5 \oplus Q9$$

Come è noto dalla teoria sui generatori di sequenze pseudocasuali con registri a scorrimento e OR esclusivi, la lunghezza della sequenza ripetitiva prelevabile sull'uscita seriale del registro, ovvero sull'ultimo flip-flop, è:

$$2^n - 1$$

ove n rappresenta il numero di flip-flop del registro purché lo stato iniziale di quest'ultimo sia diverso dalla configurazione a tutti 0.

In fig. 29 si mostra lo schema logico di tale circuito.

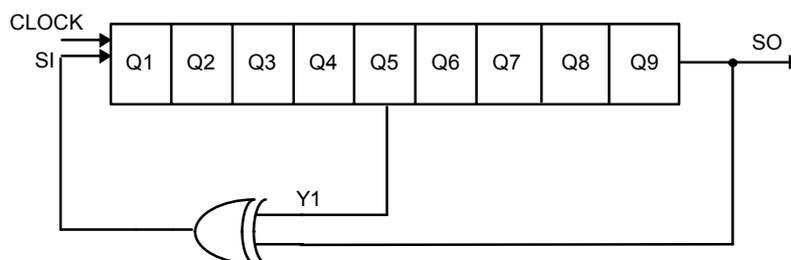


Fig. 29. - Generatore di sequenze pseudocasuale di lunghezza 511.

Il ricevitore confronta i bit pervenuti con la stessa sequenza generata localmente.

I bit discordanti sono considerati errati e incrementano un contatore.

Un'altra misura realizzabile si riferisce agli interi blocchi di 511 bit.

Il *tasso d'errore riferito ai blocchi* è il rapporto tra il numero di blocchi ricevuti errati e il numero totale dei blocchi trasmessi.

Dai due tassi di errore si possono ricavare informazioni sulla natura degli stessi errori. Se il numero di bit errati è paragonabile al numero dei blocchi errati ci si trova, con tutta probabilità, davanti ad errori sistematici. Se, invece, il numero di bit errati è concentrato in uno o pochi blocchi, gli errori sono accidentali.

Le due misure devono essere realizzate contemporaneamente e nelle ore di maggior traffico telefonico in modo da ritrovarsi nelle condizioni più critiche.

L'intervallo di tempo in cui effettuare le due misure non deve essere inferiore a 15 minuti. Il tasso d'errore percentuale non deve superare valori intorno a 0.01%.

Gli strumenti che eseguono queste misure sono i "data tester".

In fig.30 si mostra il collegamento per la misura normalizzata del tasso d'errore.

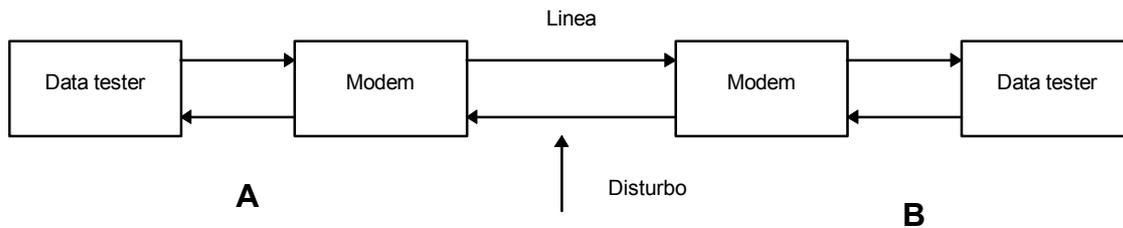


Fig. 30. - Predisposizione per la misura normalizzata del tasso di errore.

Questo tipo di misura si effettua raramente poiché richiede la presenza di due operatori alle estremità A e B della linea.

Se la linea è a 4 fili è possibile controllare il tasso di errore nei due sensi di trasmissione.

5.16.2 Distorsione

Per una corretta ricezione, le transizioni da un livello logico all'altro devono avvenire negli istanti nominali. Se questo non avviene si è in presenza di distorsione.

Si possono avere due tipi di distorsione:

- distorsione isocrona;
- distorsione di disimmetria.

Si definisce distorsione *isocrona (o telegrafica) individuale*, e si indica con Δt , la differenza temporale tra l'istante reale di transizione e quello nominale.

La distorsione è positiva quando la transizione reale è in ritardo rispetto a quella nominale, viceversa la distorsione è negativa.

Il massimo valore di distorsione isocrona individuale relativa percentuale ammessa non deve superare, tipicamente, il 30%.

Si definisce *distorsione isocrona* la somma, in valore assoluto, dei valori massimi della distorsione isocrona individuale positiva e negativa.

La misura si esegue con la sequenza di 511 bit PR per circa 20 secondi ed ha senso per le trasmissioni asincrone.

La *distorsione di disimmetria* è definita come la differenza della durata del bit 1 rispetto a quella del bit 0.

La grandezza, normalmente, viene riferita alla durata nominale del bit ed è espressa in percentuale :

$$d\% = \frac{T_1 - T_0}{T_n} \cdot 100$$

ove :

T_1 è la durata del bit 1;

T_0 è la durata del bit 0;

T_n è la durata nominale del bit.

La misura è realizzata inviando un clock ad onda quadra, cioè una sequenza alternata di 0 e 1.

In fig.31 si mostra la tempificazione di una sequenza di dati ideale, con distorsione isocrona e distorsione di disimmetria.

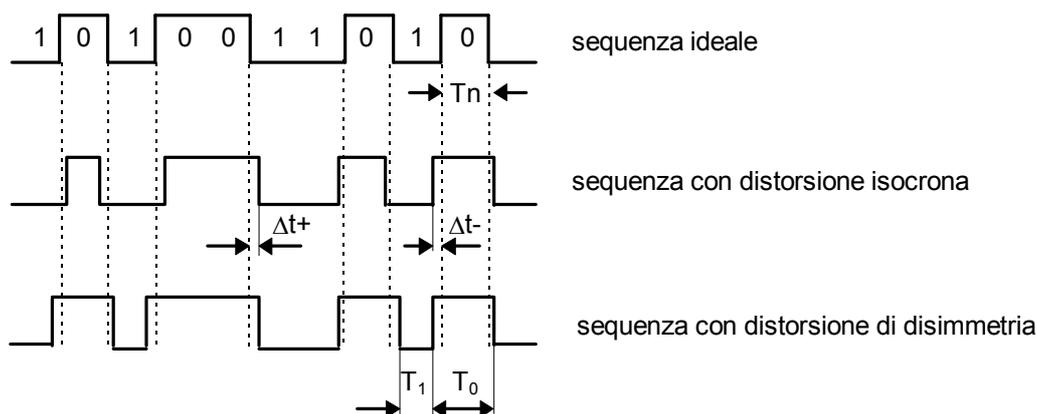


Fig. 31. - Distorsione isocrona e di disimmetria.

5.17. Loop di prova

La raccomandazione V.54 dell'ITU-T prevede metodi di esecuzione di loop sia sul DTE che sul modem.

I loop consentono l'esecuzione di misure analogiche e digitali sia sugli apparati locali che remoti al fine di una semplice manutenzione.

I loop previsti dalle normative vengono numerate da 1 a 4.

Si faccia riferimento alla fig.32 per la comprensione del raggio d'azione del loop considerato.

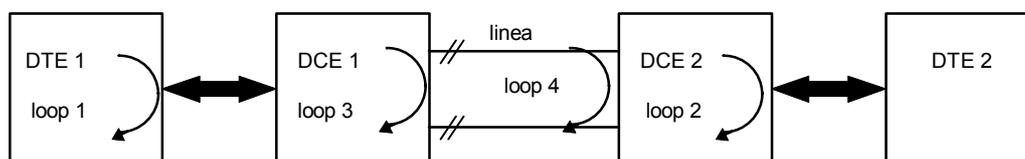


Fig. 32. - Disposizione dei DTE e DCE per i loop di prova.

5.17.1. Loop 1

Il loop 1 consente di verificare la funzionalità del DTE. Esso prevede l'emissione di segnali dal DTE e la loro ricezione da parte dello stesso DTE. Il loop 1 si attiva col comando Hayes esteso AT&T3.

Le linee interessate sono:

- C103 (TxD) collegata internamente al DTE alla linea C104 (RxD) e verso il modem nello stato 1;
- C105 (RTS) nello stato OFF;
- C108 (DTR) nello stato in cui si trovava prima del loop.

5.17.2. Loop 2

Il loop 2 consente di verificare la funzionalità del DCE 2 e della linea per trasmissioni full-duplex. Il loop 2 si attiva col comando Hayes esteso AT&T6.

Le linee interessate sono:

- C103 (TxD) e C104 (RxD) collegate tra loro internamente nel DCE 2;

- C109 (DCD) e C105 (RTS) collegate tra loro internamente nel DCE 2;
- C115 (RC=clock di ricezione) e C113 (DA=clock di trasmissione dal DTE) collegate tra loro internamente nel DCE 2;
- C107 (DSR), C106 (CTS) e C109 (DCD) verso il DTE sono posti nello stato OFF;
- C114 (TC=clock di trasmissione dal modem) verso il DTE è posto ad 1.

5.17.3. Loop 3

Il loop 3 consente un controllo analogico del modem locale. I dati trasmessi dal DTE non sono inviati in linea ma vengono rinviati al DTE.

Il loop 3 si attiva col comando Hayes esteso AT&T1.

5.17.4. Loop 4

Il loop 4 è possibile solo su modem collegati a linee a 4 fili e consente la manutenzione analogica delle linee telefoniche.

6. ADSL

La tecnologia ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line ovvero “linea digitale asimmetrica di abbonato”) consente la trasmissione dati ad alta velocità utilizzando, come supporto, la comune linea telefonica basata sul doppino in rame.

Le applicazioni più importanti sono il collegamento ad internet ed il “video on demand” (servizi video su richiesta).

La trasmissione è asimmetrica perché la velocità di ricezione dei dati da parte dell’utente è diversa da quella di trasmissione. In particolare la prima può variare da 640Kbps a 8Mbps e la seconda da 16 a 640Kbps.

È una tecnologia che si è affermata, inizialmente negli U.S.A, alla soglia del 2000 e deve l’enorme successo al basso costo e alla immediatezza della installazione poiché non richiede cablaggi aggiuntivi: è sufficiente la linea telefonica già esistente in ogni casa e posto di lavoro.

I classici internet provider forniscono connettività ADSL all’utente privato con velocità a partire da 640 Kbps in ricezione e 256 Kbps in trasmissione. La massima velocità raggiungibile, in realtà, dipende dalla capacità dei server e dallo stato di congestione della rete.

A seconda del tipo di contratto stipulato il fornitore del servizio ADSL, oltre alle velocità di punta, può fornire la minima velocità garantita in download (ricezione) ed in upload (trasmissione).

Per quanto concerne la modalità di connessione, alcuni contratti tengono conto del tempo di collegamento, della quantità di dati transitati oppure di un canone fisso mensile senza limitazione di tempo e del volume di dati. Sono altresì possibili forme ibride di contratto.

Per le piccole e medie aziende con reti locali costituite da alcune decine di PC, il provider ADSL offre connettività a velocità di punta maggiore e, soprattutto, una adeguata velocità minima garantita.

L’apparato attivo di rete è un adattatore ADSL in grado di estrarre i dati digitali in transito sulla linea telefonica e di trasmetterli, attraverso l’interfaccia USB o la scheda di rete, al computer e viceversa. Tale adattatore è, spesso, noto col termine improprio di “modem ADSL”.

6.1. Compatibilità dati e fonica dell'ADSL

La linea telefonica di un utente ADSL può trasportare sia dati che fonica. Se l'utente sta usufruendo della ADSL oppure se l'accesso ADSL è permanente una eventuale telefonata ricevuta o effettuata sarà affetta da disturbi per la presenza della componente dati ADSL ad alta frequenza.

Per eliminare tali disturbi si inserisce un filtro passa basso per ogni presa telefonica a cui collegare un telefono.

Si mostra in fig.33 il collegamento delle varie componenti per assicurare una corretta connessione ad internet con ADSL ed una trasmissione fonica non disturbata.

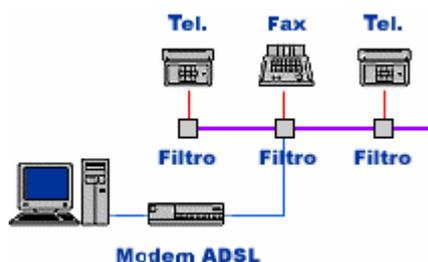


Fig.33. - Collegamento ADSL per singolo PC. Si hanno 3 prese telefoniche a cui sono collegati, tramite filtro, due telefoni ed un fax. Nella figura l'uscita ADSL del filtro collegato al fax è connessa al modem ADSL.

I filtri possono essere tripolari o RJ11 a seconda della presa telefonica a cui dovranno essere collegati.

Ciascun filtro presenta, spesso, due uscite: una va al telefono o all'apparecchiatura che intende utilizzare la normale linea telefonica tripolare o RJ11, l'altra va al modem ADSL in formato RJ11.

L'uscita che va al modem ADSL non è filtrata.

Nell'esempio si suppone di disporre di un solo computer e di utilizzare un modem ADSL da collegare direttamente alla presa telefonica. Se la presa telefonica a cui vogliamo collegare il modem ADSL è già occupata (in figura è impegnata dal fax tramite il filtro) si utilizza l'uscita del filtro denominata ADSL. Le uscite ADSL degli altri due filtri non sono utilizzate.

Si mostra in fig.34 lo schema di principio di tale filtro.

L'uscita del filtro da applicare al modem ADSL non attraversa alcun circuito filtrante: risulta collegato direttamente alla presa telefonica.

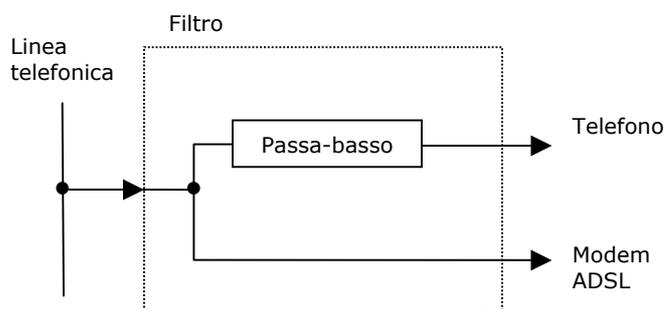


Fig.34. - Schema di principio del filtro ADSL.

Il collegamento tra il modem ADSL e il PC può avvenire attraverso la porta USB o la scheda di rete a seconda dell'interfaccia prevista sul modem.

Se, invece, si intende collegare ad internet, via ADSL, tutti i computer di una rete locale si dovrà utilizzare un router ADSL piuttosto che un comune adattatore ADSL.

Il router, infatti, come è noto, detiene le funzioni di instradamento per cui i dati che giungono da internet vengono instradati correttamente sul computer della rete locale che ne ha fatto richiesta.

Gli apparecchi telefonici saranno collegati alla rete mediante filtri come visto nel caso precedente.

Se il router ha un numero di porte di uscita almeno quanti sono i PC, il collegamento router – PC avviene attraverso il classico cavo di rete UTP cat.5 con connettore RJ-45, uno per ogni PC.

Se, invece, il router ha un numero di porte inferiore al numero dei PC da servire, sarà necessario dotarsi di uno “switch” a cui collegare sia il router che ciascun PC.

Si mostra in fig.35 lo schema di principio di un collegamento ADSL per rete locale con la presenza di un router e di filtri da porre alle prese a cui si intendono collegare gli apparecchi telefonici.

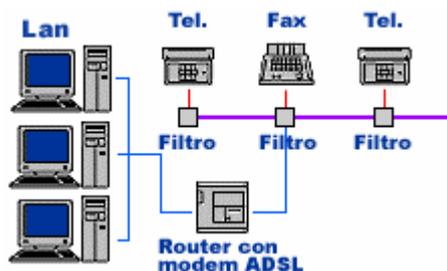


Fig.35. - Collegamento ADSL per rete locale. Al posto del modem ADSL, qui è presente il router ADSL con tante uscite quanti sono i PC della rete.

Se, infine, si ha una struttura che utilizza molti apparecchi telefonici, piuttosto che utilizzare tanti filtri quanti sono gli apparecchi, si inserisce un particolare filtro, noto col termine “splitter”. Lo splitter è necessario soprattutto quando l’impianto telefonico è dotato di centralini o sistemi di antifurto che si appoggiano alla linea telefonica.

Lo splitter è costituito da un filtro passa-basso per la fonia ed un filtro passa-banda per i dati ADSL; entrambi i filtri sono simmetrici per consentire la bidirezionalità della trasmissione vocale e della trasmissione dati senza interferenze.

La funzione di passa-banda e non passa-alto permette di evitare disturbi ad alta frequenza che possono influenzare il traffico ADSL.

Lo splitter è presente nell’adattatore ADSL; in tal caso se i filtri sono passivi si ha il vantaggio che, anche in caso di non funzionamento del modem, viene garantita la comunicazione telefonica. Lo splitter, dunque, presenta due uscite: l’uscita del filtro passa-basso va alle prese telefoniche o al centralino; l’uscita del filtro passa-banda è inviata all’adattatore ADSL o al router ADSL, a seconda delle esigenze dell’utente.

Il vantaggio dell’uso dello splitter sta nel fatto che non è necessario disseminare l’ambiente con tanti filtri.

Lo svantaggio consiste nel fatto che lo splitter deve essere installato a monte di tutte le prese telefoniche e per questo è necessario l’intervento di un tecnico del proprio gestore telefonico.

In fig.36 si illustra il caso di utilizzo di uno splitter supponendo di dover fornire il collegamento ADSL ad una rete locale e di essere dotati, quindi, di un router ADSL.

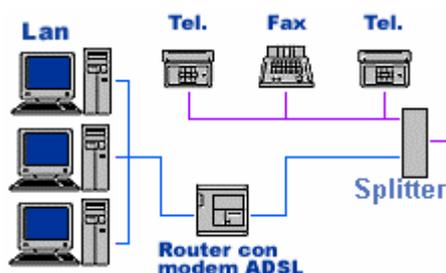


Fig.36. – Collegamento ADSL con l'uso dello splitter al posto di tanti filtri. L'uscita dello splitter inviata alle prese telefoniche contiene solo il segnale analogico di fonia. L'uscita dello splitter inviata al router ADSL contiene solo i dati ADSL.

6.2. Tecnologia DSL

La tecnologia DSL (Digital Subscriber Line) fa la sua comparsa negli anni '80 ma si afferma con l'avvento di Internet intorno al 1995. Fanno parte della DSL le seguenti tecnologie:

- HDSL
- SDSL
- VDSL
- ADSL

HDSL = Hi bit – rate DSL. È una tecnologia DSL che scambia dati alla velocità costante di 2.048 Mbps in entrambe le direzioni. Utilizza un solo doppino telefonico.

SDSL = Symmetric DSL. Presenta le stesse caratteristiche della precedente HDSL con la differenza che la velocità di trasferimento dati in entrambe le direzioni è di 768 Kbps. Inoltre, e questo è un difetto, la distanza tra l'utente ed il centro di commutazione più vicino non deve superare i 3.3Km. Ciò non rende sempre utilizzabile tale tecnologia.

VDSL = Very high speed DSL. È la più recente tecnologia della famiglia DSL. È asimmetrica e consente di raggiungere velocità da 13 a 52 Mbps in ricezione e da 1.5 a 6 Mbps in trasmissione.

Anche per questa tecnologia l'aspetto negativo è rappresentato dalla distanza tra l'utenza ed il più vicino centro di commutazione che non deve superare i 1500 m.

Il doppino telefonico deve essere ritorto e tra la centrale di commutazione e la rete telefonica generale il collegamento deve essere in fibra ottica.

6.3. Tecnologia ADSL

Tra le tecnologie DSL, la ADSL è quella che ha avuto più successo. Come già detto è una tecnologia asimmetrica che, teoricamente, permette di fornire, come massima velocità di ricezione dati, un valore pari a 8 Mbps. In pratica il fornitore di accessi ADSL garantisce una velocità massima che va da 640 Kbps a 8 Mbps in funzione del contratto che si decide di stipulare.

Utilizza il classico doppino telefonico in rame ed è implementabile se la distanza tra l'utente e la centrale di commutazione più vicina è inferiore a 5Km.

Per ottenere le elevate velocità di funzionamento la trasmissione dati ADSL sfrutta bande di frequenza completamente differenti rispetto a quelle utilizzate per la linea telefonica analogica.

Grazie a ciò è possibile far coesistere sulla stessa linea sia la telefonata tradizionale effettuata o ricevuta che il traffico di dati. Per evitare di ricevere disturbi dovuti ai

segnali di frequenza più elevata della ADSL, è necessario inserire un filtro tra la presa e gli apparecchi telefonici.

La fonia copre la banda da 0 a 4KHz mentre l'ADSL copre una banda di ampiezza maggiore che dipende dal tipo di abbonamento sottoscritto dall'utente e che inizia dal valore di frequenza di 25.875KHz.

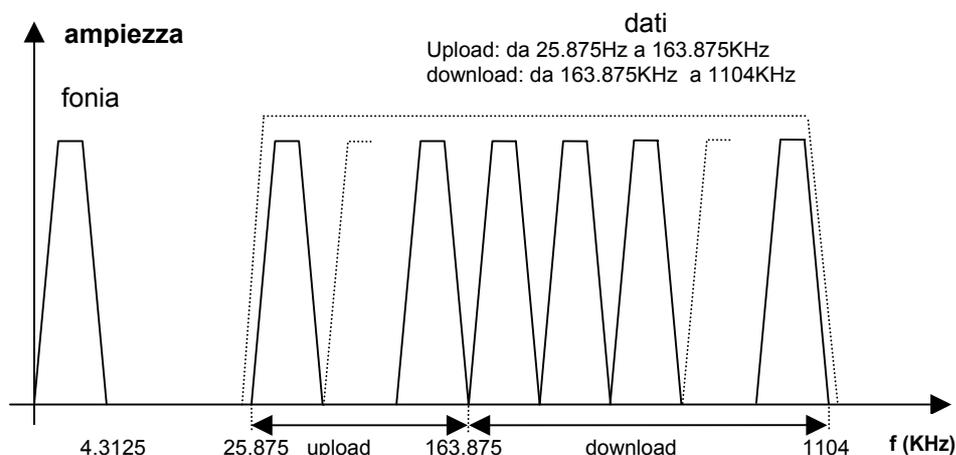


Fig.37. – Spettro di frequenza di una linea telefonica con ADSL.

I sistemi di modulazione usati nell'ADSL sono due: DMT (Discrete Multi Tone) e CAP (Carrierless Amplitude / Phase Modulation).

La modulazione CAP, sviluppata nei laboratori AT&T, è una variante della QAM che modula la fase e l'ampiezza di una portante in 64 modi diversi. Per migliorare il rapporto S/N si utilizza la codifica Trellis e Viterbi.

Nel prossimo sottoparagrafo si parlerà della modulazione DMT.

6.4. Modulazione DMT

La modulazione DMT, riconosciuta sia come standard ANSI (T1.413) che come standard ETSI, consiste nel suddividere la banda disponibile in un alto numero di sottocanali di uguale dimensione. La banda di 1104KHz viene suddivisa in 256 sottocanali ciascuno di ampiezza di banda pari a 4.3125KHz. I primi 6 sottocanali vengono impiegati per la fonia.

In realtà ogni sottocanale ha un'ampiezza effettiva di 4KHz. La differenza da 4.3125KHz viene considerata come banda di guardia per evitare che i sottocanali possano sovrapporsi, dopo l'azione dei filtri non ideali, con inevitabili interferenze che provocherebbero errori di comunicazione.

L'allocazione spettrale dei sottocanali avviene con la tecnica FDM (Frequency Division Modulation).

Nelle normali realizzazioni si destinano 32 sottocanali per l'upload (dall'utente all'ISP) e 218 sottocanali per il download (dall'ISP all'utente).

I 32 sottocanali per l'upload sono allocati a partire dalla frequenza 25.875KHz e terminano alla frequenza 163.875KHz. Infatti l'ampiezza della banda per l'upload vale:

$$32 \cdot 4.3125 = 138\text{KHz.}$$

Per il teorema di Shannon, la massima velocità in bit al secondo supponendo un rapporto segnale rumore: $S/N = 35\text{dB}$, vale:

$$bps_{\max} = 138 \cdot \log_2(1 + 10^{35/10}) = 1600.8\text{Kbps}$$

I 218 sottocanali per il download sono allocati a partire dalla frequenza 163.875KHz e terminano a 1104KHz. La differenza, pari a 940.125KHz si ricava dalla formula:

$$218 \cdot 4.3125 = 940.125\text{KHz}$$

Anche in questo caso è possibile calcolare la massima velocità in bit al secondo applicando la formula di Shannon:

$$bps_{\max} = 940.125 \cdot \log_2(1 + 10^{35/10}) = 10.904\text{Mbps}$$

Ogni sottocanale DMT subisce una modulazione QAM (Quadrature Amplitude Modulation). Ricapitolando, in un modem ADSL DMT si hanno 256 sottocanali così suddivisi: 6 per la fonia, 32 per l'upload e 218 per il download.

Si può pensare che un modem ADSL sia costituito da 256 modem in parallelo che modulano le informazioni da trasmettere su 256 diverse frequenze portanti distanti tra di loro di 4.3125KHz.

Il modem è realizzato in modo da trasmettere, per ogni sottocanale, da 2 a 15 bit al periodo in funzione del rapporto S/N.

Più questo è basso meno è il numero di bit/periodo che il modulatore DMT genera. Questo è il compromesso che si deve accettare se non si vogliono elevati tassi di errore di trasmissione.

Per il trasporto dei dati si utilizzano solo 4KHz dei 4.3125KHz disponibili per ogni sottocanale e la massima velocità di trasferimento dei dati in un sottocanale vale:

$$15 \cdot 4\text{KHz} = 60\text{Kbps}$$

La massima velocità di trasmissione teorica dell'ADSL è, pertanto:

$$\text{upload: } 15 \cdot 4 \cdot 32 = 1920\text{Kbps}$$

$$\text{download: } 15 \cdot 4 \cdot 218 = 13080\text{Kbps}$$

I limiti teorici di Shannon che tengono conto del rapporto S/N esaminati in precedenza sono, in proporzione, lievemente inferiori a quelli ora calcolati.

I modem ADSL, che possono lavorare alla velocità massima di 60Kbps per sottocanale, adattano automaticamente la velocità di funzionamento ai diversi rapporti S/N delle varie frequenze della banda ADSL.

Nel caso di elevato rumore all'interno di un sottocanale, questo può essere disabilitato dal modem.

6.4.1. Trasmettitori e ricevitori DMT

Il trasmettitore DMT presente nell'adattatore ADSL dell'utente riceve bit in forma seriale dall'interfaccia USB o Ethernet del computer.

Il primo stadio del trasmettitore DMT è costituito da un convertitore serie - parallelo che si può assimilare ad un registro a scorrimento di tipo SI-PO (Serial Input - Parallel Output).

Seguono 32 blocchi in parallelo ciascuno costituito da un opportuno codificatore che pilota un modulatore con una propria frequenza del sottocanale. Un circuito sommatore, infine, invia il risultato nella linea telefonica. Grazie alla presenza dello

splitter esterno o interno all'adattatore ADSL è possibile aggiungere contemporaneamente anche la banda della fonia.

Si mostra in fig.38 lo schema a blocchi semplificato del trasmettitore DMT che utilizza la tecnica FDM.

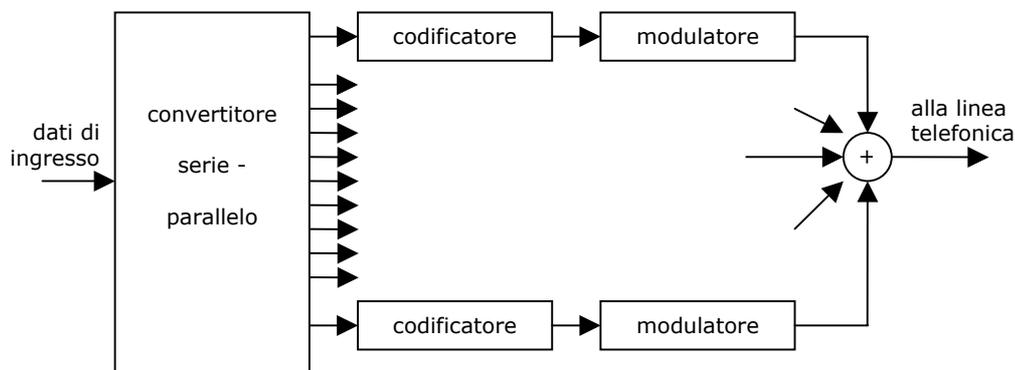


Fig.38. – Schema a blocchi del trasmettitore DMT. Le uscite dei modulatori dei vari sottocanali vengono tra loro sommate ed inviate nella linea telefonica.

Il ricevitore DMT, presente nell'adattatore ADSL dell'utente, opera in modo opposto: contiene tanti demodulatori quanti sono i sottocanali di download (218) più quelli riservati alla fonia (6): l'uscita di ciascun demodulatore relativo ai sottocanali di download di dati viene decodificata ed inviata in un convertitore parallelo – serie (ad esempio un registro a scorrimento PI – SO) la cui uscita è trasmessa al PC dell'utente via interfaccia USB o interfaccia Ethernet.

6.5. DSLAM

Il DSLAM (DSL Access Multiplexer) è un dispositivo, presente nella centrale di commutazione, che ha il compito di gestire gli accessi e di instradare le richieste verso i canali che le possono soddisfare. In un DSLAM, oltre ai dati diretti ad internet, possono transitare tutte le altre comunicazioni a larga banda. Esso si può pensare costituito da tanti modem ADSL collegati in parallelo.

All'interno del DSLAM è presente uno splitter col compito di suddividere le frequenze dirette alla fonia tradizionale e quelle relative alla trasmissione dati.

Il DSLAM si occupa, inoltre, di instradare pacchetti IP verso la rete di tipo ATM (Asynchronous Transfer Mode).

ATM rappresenta un protocollo a commutazione di pacchetto ed orientato alla connessione per la trasmissione dati che frammenta i dati in pacchetti, chiamati *celle*, di lunghezza 53byte di cui 5 di intestazione e 48 di dati veri e propri.

I dati ADSL che viaggiano col protocollo PPP (Point to Point Protocol), dovendo transitare nella rete ATM vengono incapsulati nelle celle ATM ottenendo pacchetti denominati PPPoA ovvero PPP over ATM. Se i dati PPP passano prima in una rete Ethernet e poi nella rete ATM si realizza un doppio incapsulamento: il primo avviene in un pacchetto Ethernet ed il secondo in pacchetto ATM. In questo caso si parla di PPPoE ovvero PPP over Ethernet.

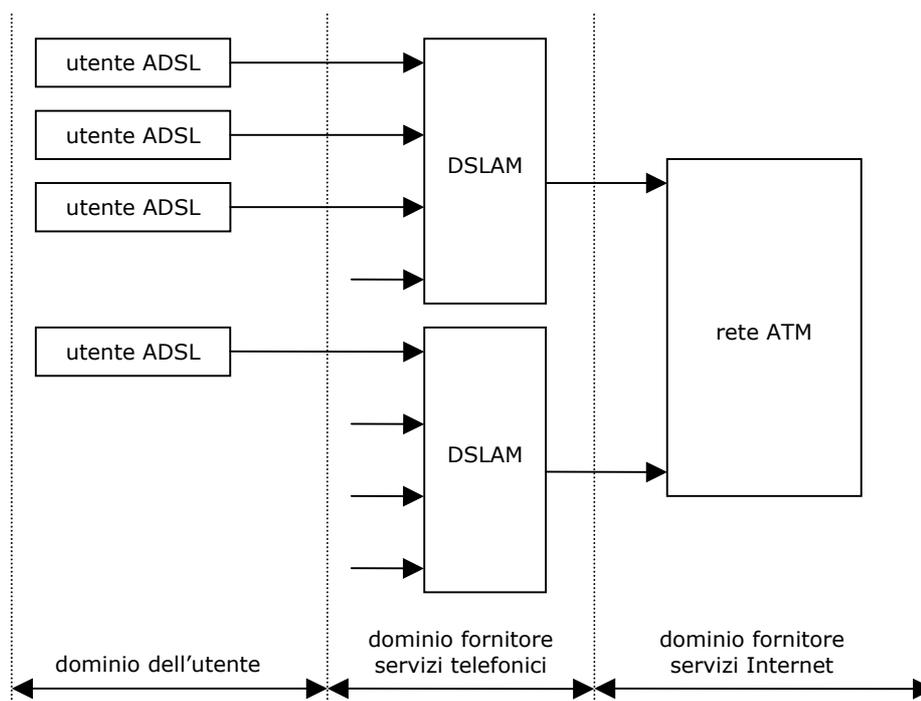


Fig. 39. – Architettura tra i diversi attori nel collegamento ADSL. Ogni linea che si attesta sul DSLAM presenta uno splitter (non visibile in figura) la cui uscita in fonia si dirige verso la rete telefonica commutata mentre l'uscita dati dello splitter, attraverso il DSLAM, si dirige verso la rete ATM.

6.6. Altre caratteristiche dell'ADSL

Lo standard ANSI T1.413 denota col termine ATU-R (ADSL Transceiver Unit – Remote terminal end) l'insieme delle apparecchiature alloggiato presso l'utente, cioè l'adattatore ADSL e lo splitter, e col termine ATU-C (ADSL Transceiver Unit – Central office end) l'adattatore ADSL e lo splitter posti presso la centrale dei servizi telefonici.

La banda vocale destinata alla fonia, attraverso lo splitter della centrale, raggiunge il commutatore PSTN e quindi continua ad essere una trasmissione a *commutazione di circuito* con tutti i problemi relativi alla commutazione del segnale.

I sottocanali ADSL, sia quelli per il download che per l'upload, terminano nel DSLAM che rappresenta un nodo di accesso che consente di considerare la trasmissione dati come una linea dedicata con una data larghezza di banda. Tali segnali, non passando attraverso i commutatori analogici, evitano problemi di sovraccarico dei centralini di commutazione.

Per questo motivo si è pensato di trasmettere la fonia con la tecnica ADSL in modo da ridurre i problemi della commutazione telefonica. Questa tecnica è nota come *Voice over DSL* (VoDSL) ed è probabile che ben presto tenderà gradualmente a sostituire la telefonia tradizionale a commutazione di circuito. In tal modo le nostre telefonate saranno realizzate con pacchetti di dati IP, a *commutazione di pacchetto*, che cercheranno il percorso più congeniale sulla rete internet per raggiungere il destinatario.

La conversazione sarà costituita da diversi frammenti (pacchetti) autonomi (perché contengono tutte le informazioni per raggiungere il destinatario: indirizzo IP, numero di sequenza, ecc.) che seguiranno percorsi differenti e raggiungeranno il destinatario secondo la corretta sequenza.

Diverso è il discorso del *Video over DSL* (VioDSL). I problemi fondamentali sono la qualità dell'immagine ed il basso frame-rate (numero di immagini al secondo). La trasmissione video richiede una banda di 5-6Mbps per il trasporto di video compresso nel formato MPEG-2 di buona qualità. Il limite di velocità dell'ADSL, come è noto, è di 8Mbps ed a tutt'oggi (2005) nessun ISP fornisce all'utenza banda ADSL superiore a 2Mbps.

Il video su cavo, pertanto, potrà essere offerto da quelle compagnie telematiche aventi centrali proprie in fibra ottica che si avvalgono di tecniche trasmissive più veloci.

La massima velocità dell'ADSL dipende da una serie di fattori; i più importanti sono il tipo di cavo in rame utilizzato, la distanza tra i modem ed il tipo di modulazione.

Nella seguente tabella 7 si mostra la massima velocità di trasmissione dell'ADSL in funzione della distanza tra il modem utente e quello in centrale per due tipi di cavo in rame: 24 AWG e 26 AWG.

Tab. 7

24 AWG (Km.)	26 AWG (Km.)	velocità di download (Mbps)	velocità di upload (Kbps)
5.5	4.6	1.544	160
4.9	4.0	2.048	160
5.6	3.9	3.088	240
5.4	3.8	4.096	320
4.3	3.7	4.632	320
3.7	2.8	6.312	640
2.8	2.4	8.448	640

6. Protocolli di trasmissione

Fissate le interfacce elettrica e meccanica, ad esempio la RS-232 o la USB, ed il canale di comunicazione, ad esempio la linea privata in cavo, in fibra ottica o la linea telefonica commutata o dedicata, restano da stabilire le modalità di trasferimento dei dati in ordine alla velocità di trasmissione, al numero di bit dei dati, alla presenza di bit di parità, di bit di stop, ai codici di correzione degli errori, alle procedure di inizializzazione, al sincronismo ed a tutta una serie di informazione che il trasmettitore deve inviare al ricevitore affinché quest'ultimo sappia come sono organizzati i dati ricevuti e da chi li ha ricevuti.

La risposta a questi interrogativi viene fornita dai protocolli di trasmissione noti anche come protocolli di secondo livello o protocolli di linea, tenendo conto dei livelli gerarchici previsti dal modello ISO/OSI.

Possiamo affermare che i protocolli di trasmissione rappresentano le regole che i terminali di elaborazione devono rispettare affinché la trasmissione e la ricezione dei dati avvenga correttamente.

I protocolli utilizzati si possono suddividere in due categorie:

- protocolli asincroni start-stop;
- protocolli sincroni:
 - orientato al byte BSC (Binary Synchronous Communications);
 - orientato al bit HDLC (High Data Link Control).

6.1. Protocolli asincroni

I protocolli asincroni *start-stop* consentono la trasmissione per singolo carattere senza che sia definito il tempo tra due caratteri successivi. Ogni bit del carattere deve, comunque, durare un tempo prefissato detto *bit-time*.

Ogni carattere è costituito da un bit di start che indica l'inizio della trasmissione del carattere, dal dato vero e proprio che può essere costituito da 7 o 8 bit espresso in un particolare codice come, ad esempio il codice ASCII a 7 bit, il codice ASCII esteso a 8 bit o il codice EBCDIC a 8 bit, un eventuale bit di parità che segnala la parità pari o dispari del dato per il controllo degli errori, uno o due bit di stop.

La correttezza della trasmissione può essere valutata misurando, al ricevitore, la durata dei bit di stop. Se essa non corrisponde a quanto previsto si ha un *errore di framing*.

La trasmissione si dice asincrona perché l'intervallo temporale tra il bit di stop di un carattere e il bit di start del carattere successivo è indefinito.

I protocolli più vecchi per i modem, ormai obsoleti, sono XMODEM, YMODEM e ZMODEM.

ZMODEM rappresenta un'evoluzione di YMODEM che, a sua volta, è una evoluzione di XMODEM.

6.2. Protocolli sincroni

Nei protocolli sincroni sono assenti i bit di start e stop e la sincronizzazione del messaggio è affidata a particolari caratteri di sincronismo (SYN) inviati all'inizio di ciascun blocco.

L'unità fondamentale di trasmissione è detta *trama* e il numero di bit che la costituisce dipende dal protocollo. Il protocollo può essere *orientato al carattere o al bit*. Si descrivono i protocolli sincroni più utilizzati.

6.2.1. Protocollo sincrono BSC

Il protocollo sincrono BSC (Binary Synchronous Communications) è un protocollo di 2° livello orientato al carattere introdotto dalla IBM ed utilizzato in trasmissioni half-duplex con velocità comprese tra 1200 e 19200 bps.

La trama è costituita da un insieme di byte, circa un centinaio, che contengono il messaggio da trasmettere ed i caratteri di controllo.

Nella tabella 8 si mostra la struttura della trama BSC.

Tabella 8 - Trama del protocollo BSC

SOH (start of header)	intestazione	STX (start of text)	testo	ETX (end of text)
--------------------------	--------------	------------------------	-------	----------------------

I protocolli BSC sono classificati in BSC1, BSC2 e BSC3 in funzione della rete utilizzata.

Il BSC1 è utilizzato su rete dedicata punto-punto, il BSC2 su rete commutata punto-punto mentre i BSC3 su rete multipunto.

I codici binari impiegati sono: il codice ASCII (American Standard Code for Information Interchange), il codice EBCDIC (Extend Binary Coded Decimal Interchange Code) e il codice SBT (Six Bit Transcode), derivato dall'ASCII e usato dall'IBM.

Il più utilizzato è il codice ASCII.

La trama di un protocollo BSC può essere di *controllo* se contiene solo caratteri per il controllo del collegamento o *informativa* se contiene anche il testo del messaggio da trasmettere.

I caratteri di controllo sono fondamentali per stabilire il sincronismo di trasmissione, fornire l'indirizzo del terminale ricevente in un collegamento multipunto, aprire e chiudere il collegamento, verificare gli errori di trasmissione, ecc.

Nella tabella 9 si riportano i caratteri di controllo insieme al loro significato.

Tabella 9 - Caratteri di controllo per il protocollo BSC

Tipo carattere	Carattere	Codice esadecimale	Commento
Sincronismo	PAD	55	Sincronismo di carattere.
	SYN	16	Sincronismo di bit.
Interrogazione	ENQ (Enquiry)	05	Richiesta di trasmissione.
Controllo	DLE (Data Link Escape)	10	Indica che il carattere successivo non è un dato ma un carattere di controllo.
Risposta	ACK0 ACK1 (Acknowledgement)	10 0 10 1	Segnali di riconoscimento inviati alternativamente dal ricevitore. Sono codificati con DLE seguito da 0 per ACK0 e DLE seguito da 1 per ACK1.
	NAK (Negative ACK)	15	Risposta negativa del ricevitore.
	WAK (Wait ACK)	10 B3	Il ricevitore non è momentaneamente pronto a ricevere. WAK è formato da DLE seguito da B3.
	RVI (Reverse Interrupt)	10 3C	Il ricevitore informa il trasmettitore che ha un messaggio ad alta priorità da trasmettere.
Testo	STX (Start of Text)	82	Inizio del testo
	SOH (Start Of Heading)	81	Inizio dell'intestazione
	ETB (End Trasm. Block)	17	File del blocco
	ITB (Intermediate Trasm. Block)	9F	Fine del blocco intermedio
	ETX (End of Text)	03	Fine del testo
	EOT (End Of Trasmission)	84	Fine della trasmissione
Controllo errori	BCC (Block Character Check)		Blocco di caratteri per la rivelazione degli errori. Esempio : codice CRC-16.

Nel caso di collegamento punto-punto, la procedura di colloquio prevede che il trasmettitore invii una sequenza di controllo costituita da caratteri di sincronismo e da quello di ENQ per la richiesta di trasmissione.

In genere i due DTE possono essere sia trasmettitore che ricevitore. Nel caso in cui entrambi i dispositivi richiedano contemporaneamente di trasmettere (contesa) uno dei due DTE assume il ruolo di *stazione primaria* e l'altro il ruolo di *stazione secondaria*.

In caso di contesa la stazione primaria ripete l'invio di ENQ mentre la stazione secondaria deve rinunciare.

Se il ricevitore è pronto ad acquisire i dati risponde con ACK, altrimenti invia un carattere NAK. Il trasmettitore invia dei caratteri di controllo sul testo (STX, SOH) e successivamente il messaggio ed i caratteri di controllo sugli errori.

Se il blocco contiene errori il ricevitore risponde con NAK e il trasmettitore ripete l'inoltro del blocco. La ripetizione della trasmissione può avvenire più volte.

Il collegamento ha termine con il carattere EOT.

Nel caso di collegamento multipunto (protocollo BSC3), l'elaboratore centrale, mediante una tecnica di interrogazione ciclica (polling) individua il terminale con cui collegarsi.

In questo caso il protocollo di comunicazione deve contenere anche l'indirizzo del destinatario.

L'efficienza del protocollo BSC non è molto elevata per la presenza di un alto numero di caratteri di controllo e per il tipo di trasmissione che è half-duplex.

6.2.2. Protocollo sincrono HDLC

Il protocollo HDLC (High Data Link Control) è un protocollo sincrono di 2° livello orientato al bit nel quale la posizione del singolo bit fornisce informazioni sul collegamento.

È impiegato per trasmissioni half-duplex e full-duplex ed è più efficiente del BSC poiché richiede un minor numero di caratteri di controllo ed una più semplice gestione degli errori.

Nella tabella 10 si mostra la struttura tipica di una trama HDLC.

Tabella 10 - Trama del protocollo HDLC

1 byte	1byte	1-2byte	0-1Kbyte	2byte	1byte
Flag	Indirizzo	Controllo	Dati	FCS	Flag

Il campo *Flag*, presente sia all'inizio che alla fine del pacchetto, è un byte di valore $7E_{16} = 0111\ 1110$, utilizzato per delimitare il pacchetto e come byte di sincronismo.

Il campo *Indirizzo*, della capienza di un byte, ci consente di distinguere i comandi dalle risposte sia nella direzione DTE → DCE che viceversa secondo la tabella 11.

Tabella 11

Direzione	Comandi	Risposte
DTE → DCE	0000 0001	0000 0011
DCE → DTE	0000 0011	0000 0001

Il campo *Controllo*, di ampiezza di uno o due byte, individua il tipo di trama che può essere:

- informativa;
- di supervisione;
- non numerata.

La *trama informativa* è utilizzata per compiere il trasferimento dei dati dell'utente.

La *trama di supervisione* è utilizzata per fornire la conferma di corretta ricezione o per la temporanea sospensione delle trame informative.

La *trama non numerata* è utilizzata per l'apertura o l'abbattimento del collegamento.

Il campo *Dati* contiene le informazioni da trasmettere e può essere ampio fino a 1Kbyte.

Il campo *FCS* (Frame Check Sequence - Sequenza di Controllo della Trama) è il codice CRC-16 costituito da due byte ed è utilizzato per la rivelazione degli errori.

Esso è, in sostanza, il CRC ottenuto dai campi indirizzo, controllo e dati (quando quest'ultimo esiste).

Il polinomio generatore è il CRC-CCITT di valore:

$$X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$$

Com'è noto, il CRC è il resto della divisione tra la stringa dati (campi indirizzo, controllo e dati) e il polinomio generatore.

Tale resto, al più a 16 bit, ha una lunghezza massima pari al grado del polinomio generatore.

Il protocollo HDLC ha due varianti:

- LAP (Link Access Procedure);
- LAP B (Link Access Procedure Bilances).

Le procedure LAP e LAP B sono entrambe *asincrone*, nel senso che la stazione secondaria può iniziare a trasmettere in qualsiasi istante senza il consenso della stazione primaria.

La procedura LAP è di tipo *sbilanciata* nel senso che la comunicazione può essere attivata solo dalla stazione primaria.

La procedura LAP B è di tipo *bilanciata* nel senso che la comunicazione può essere attivata sia dalla stazione primaria che dalla secondaria.

La procedura LAP B, avendo le caratteristiche consigliate dalle norme ISO/OSI, è utilizzata nelle nuove reti geografiche a commutazione di pacchetto.

Esercizi proposti

1. In un collegamento seriale asincrono la velocità di trasmissione è di 300 bps (bit per secondo). Determinare la durata T di un bit. Supponendo, inoltre, che la comunicazione avviene su dati organizzati in byte (8 bit) trasmessi in modo continuo e senza soste, determinare il numero di byte trasmessi in un minuto nei seguenti casi:
 - Senza parità, con un bit di start ed un bit di stop;
 - Con parità, con un bit di start ed un bit di stop;
 - Con parità, con un bit di start e due bit di stop.

[R. $T = 3.3$ msec; 1800; 1636; 1500]

2. Una trasmissione seriale asincrona avviene alla velocità di 28800. Il protocollo impiegato prevede 8 bit di dati, un bit di start, un bit di stop senza alcun bit di parità.
 - Quanti bit sono utilizzati per ogni carattere (8 bit) trasmesso ?
 - Quanti byte di dati sono trasmessi in un secondo ?
 - Quanti Kbyte di dati sono trasmessi in un'ora ?

[R. 10 bit; 2880 byte; 10368 Kbyte]

3. Una trasmissione seriale asincrona con formato 8 bit di dato, 1 bit di start, 1 bit di stop e senza parità, opera nel seguente modo nell'intervallo di tempo di un'ora:
 - A 14400 bps per 12 minuti;
 - A 9600 bps per 5 minuti;
 - È complessivamente interrotta per un totale di 8 minuti;
 - Nel restante intervallo di tempo la trasmissione avviene a 28800 bps.Determinare:
 - Quanti Kbyte sono trasmessi a 14400 bps, 9600 bps e 28800bps ?
 - Quanti Kbyte sono trasmessi nell'arco di tempo di un'ora ?

[R. 1036.8 Kbyte; 288 Kbyte; 6048 Kbyte; 7372.8 Kbyte]

4. Il circuito mostrato in fig. 40 rappresenta la soluzione di base di uno *scrambler* (rimescolatore). L'apparato è impiegato nelle trasmissioni seriali per evitare che sulla linea siano presenti lunghe sequenze di 0 o di 1. Il ricevitore ha un circuito di decodifica denominato *descrambler* perfettamente identico al trasmettitore. Supponendo che i registri a scorrimento interni abbiano ingresso seriale S e siano caricati inizialmente a 1000:
 - verificare che in qualunque istante si ha: $Y = D$;
 - determinare la sequenza dei bit L in linea nei casi estremi: $D = 11\dots 1$ e $D = 00\dots 0$ per almeno 15 bit.

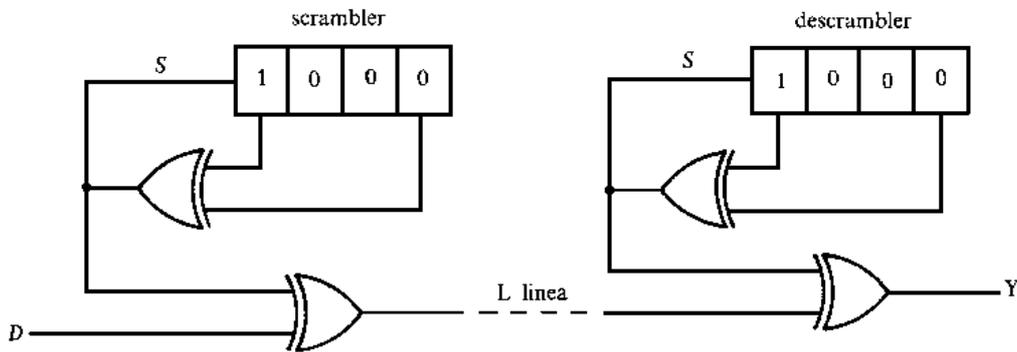


Fig. 40.

[R. $Y = (D \oplus S) \oplus S = Y$; $L(1) = 000101001101110$; $L(0) = 111010110010001$]

5. Il byte 11001010 entra nello *scrambler normale* di fig.19. Supponendo che lo stato iniziale dello scrambler sia: $Q1\ Q2\ Q3\ Q4\ Q5\ Q6\ Q7 = 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1$, determinare il byte di “uscita dati” applicato all’ingresso del trasmettitore del modem.

[R. $Y = 11111001$]

6. Determinare il byte di “uscita dati” dello *scrambler autosincronizzante* di fig.20 nelle stesse ipotesi dell’esercizio precedente.

[R. $Y = 10111110$]

7. La stringa di inizializzazione di un modem è: AT &F X3. Quali sono le funzioni impostate ?

[R. Impostazione standard di fabbrica e connessione con rilevazione del segnale di occupato. (Spesso le impostazioni di fabbrica prevedono $X4 =$ rilevazione di occupato e di tono. Il tono previsto, però, è quello americano che è diverso da quello Italiano. In tal caso, in Italia, il modem non funziona correttamente a meno che non si eviti la rilevazione del tono, cosa che avviene col comando X3)]

8. Verificare che il circuito di fig. 41 consente la conversione nel codice bifase differenziale. Si prenda, come riferimento, la tempificazione di fig. 28.

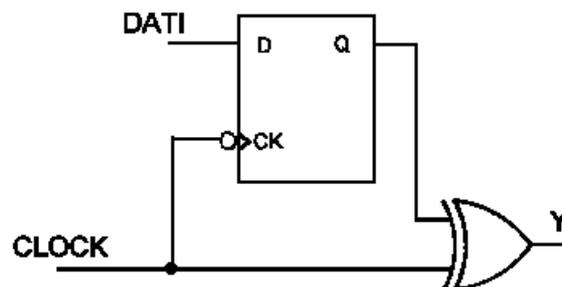


Fig.41.

9. Il circuito mostrato in fig. 42 consente di trasformare un codice unipolare digitale all'ingresso DATI in un codice bipolare Manchester. Determinare la forma d'onda di uscita nel caso in cui risulti: $D = 10101110$. Si supponga che la porta XNOR fornisca in uscita i livelli di tensione 0V e +5V in corrispondenza degli stati logici 0 e 1. È noto il valore di dell'alimentazione: $V_{cc} = 5V$.

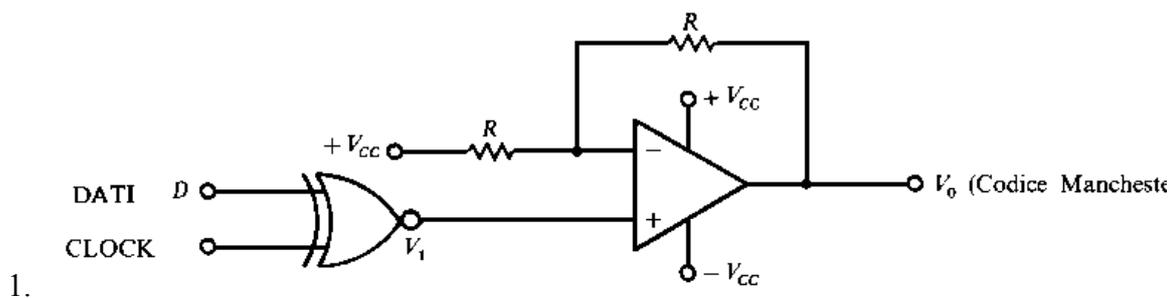


Fig.42.

[R. Vedi la tempificazione di fig.43.]

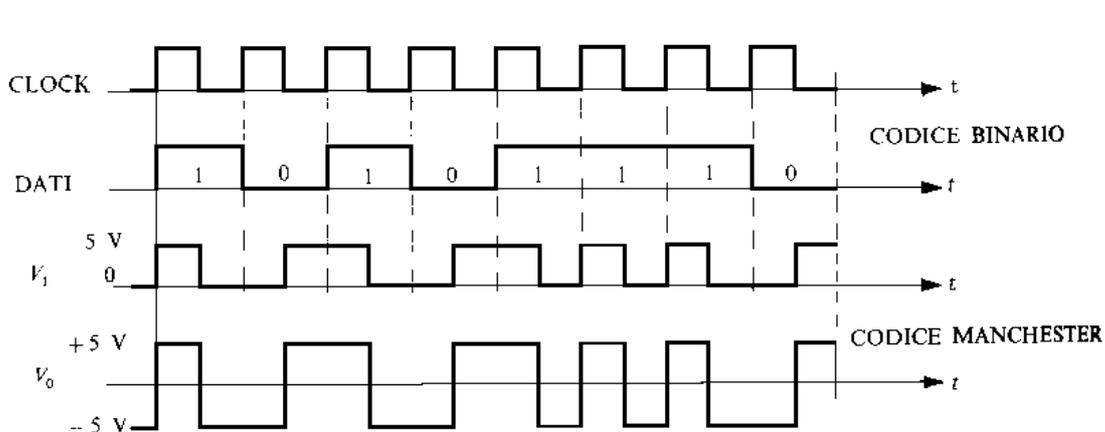


Fig.43.

Questionari

Quesiti a risposta singola

Rispondere a ciascuna domanda in 10 righe al massimo.

1. Che cosa si intende per *trasmissione dati* e per quale motivo deve essere di tipo seriale?
2. Il *modello ISO/OSI*: descrivi in modo succinto i sette livelli.
3. Cosa si intende per *servizio con connessione e senza connessione* previsti dal livello di rete del modello ISO/OSI?
4. Descrivi il funzionamento di alcuni *algoritmi di routing*.
5. Descrivi il formato di una trasmissione seriale asincrona e spiega cosa si intende per *space e mark*.
6. Cosa si intende per *null-modem* e come deve avvenire il collegamento tra i due DTE (Data Terminal Equipment).
7. Dopo aver descritto brevemente lo schema a blocchi di un modem chiarisci in cosa consiste la principale differenza tra modem in banda fonica e modem in banda base.
8. L'inserimento di un circuito di *scrambler* nello stadio di trasmissione di un modem consente la generazione di sequenze di bit pseudo – casuali. Qual è la sua utilità?
9. L'equalizzatore interno al modem consente di ridurre le attenuazioni e le distorsioni di fase della linea. Descrivi l'*equalizzatore adattativo*.
10. Descrivi le *tecniche di compressione* utilizzate dai modem per ridurre il tempo di trasmissione di un file.
11. Descrivi il principio di funzionamento della *modulazione QAM* impiegata nei modem.
12. Definisci il concetto di *tasso di errore* e come si genera la sequenza pseudo-casuale di lunghezza 511 bit utilizzata per la misura del tasso d'errore.
13. Descrivi le principali prestazioni fornite dal collegamento ADSL.
14. Quando conviene l'utilizzo dello splitter anziché dei filtri sulle prese telefoniche nelle connessioni ADSL?
15. Descrivi brevemente il principio su cui si basa il funzionamento della modulazione DMT impiegata nella trasmissione dati ADSL.
16. Descrivi la costituzione del DSLAM (DSL Access Multiplexer), presente nella centrale di commutazione del gestore telefonico.

Quesiti a risposta vero/falso

Barrare la casella relativa alla risposta che si ritiene esatta.

1. V F La trasmissione dati è una tecnica per far colloquiare due DCE.
2. V F La trasmissione dati è di tipo seriale perché si devono connettere apparecchiature poste a grande distanza.
3. V F Nel collegamento multipunto il modem dell'elaboratore centrale è collegato a più modem di periferiche remote.
4. V F Il livello fisico del modello ISO/OSI annovera le interfacce di comunicazione, meccaniche ed elettriche.
5. V F Il protocollo TCP appartiene al livello di sessione del modello ISO/OSI.
6. V F Nella trasmissione seriale asincrona si trasmette un carattere espresso nel codice ASCII utilizzando 7 oppure 8 bit più altri bit.
7. V F I segnali elettrici nell'interfaccia seriale RS-232 sono bipolari.
8. V F I modem fonici consentono velocità di trasmissione più elevate rispetto ai modem in banda base.
9. V F I modem fonici consentono il funzionamento full-duplex mentre i modem a larga banda solo l'half-duplex.
10. V F La modulazione impiegata nei recenti modem in banda fonica è la FSK.
11. V F La modulazione di fase differenziale è nota con la sigla DPSK.
12. V F Nei modem in banda base si utilizza il codice di Miller.
13. V F Il descrambler impiegato nei modem consente la decompressione del file in ricezione.
14. V F Lo scrambler autosincronizzante presenta prestazioni migliori rispetto a quello normale.
15. V F L'equalizzatore statistico consente di far rientrare i valori di attenuazione e ritardo di fase all'interno di maschere standardizzate.
16. V F I protocolli utilizzati dai modem per la correzione degli errori sono quelli della serie BTLZ.
17. V F Un modem interno è configurato sulla porta COM4.

18. V F Nella comunicazione ADSL la velocità di *upload* è maggiore di quella di *download*.
19. V F Le due uscite del filtro ADSL sono: passa-basso da collegare agli apparecchi telefonici e attenua-banda da applicare all'adattatore ADSL.
20. V F Lo splitter utilizzato nell'ADSL permette di non utilizzati altri filtri per le prese telefoniche.