

## Appendice 2

### Valutazione dell'affidabilità di una connessione tramite un Data Tester

#### 2.1 Data Tester

Per una valutazione completa della funzionalità elettrica e della qualità di un collegamento dati si ricorre a uno strumento noto come *data tester* (FIGURA 1). Il *data tester* è in sostanza uno strumento che può operare in tre distinte modalità:

- **DTE o DCE**

Il data tester è in grado di forzare i circuiti di interfaccia lato DTE (o lato DCE) nel modo desiderato e di generare, o ricevere, delle sequenze di test sia prestabilite sia programmabili dall'operatore; alcuni data tester possono anche fungere da DCE (a livello di interfaccia) per testare un DTE.

- **Strumento di misura**

Il data tester è in grado di confrontare delle sequenze di test ricevute con le stesse sequenze generate internamente, per verificare se sono intervenuti degli errori durante la loro trasmissione ed effettuare una valutazione del BER (*Bit Error Rate*); può inoltre effettuare misure di vario genere (livello del segnale ricevuto, ecc.). I risultati delle misure possono venire visualizzati su un display, o a video su un PC collegato al data tester, e possono quindi essere stampati e/o memorizzati.

- **Tester di interfaccia**

Un data tester può integrare anche un tester di interfaccia per una verifica veloce dello stato dei circuiti di interfaccia.

Uno schema a blocchi, di principio, di un data tester viene riportato in FIGURA 2.

Le sequenze di test, o *pattern*, più comuni sono le seguenti:

- Tutti 1 (*mark*)  $\Rightarrow$  111111...
- Tutti 0 (*space*)  $\Rightarrow$  000000...
- 1 e 0 alternati (1/0 o *mark/space*)  $\Rightarrow$  10101010....
- pseudocasuale 511 (o  $2^9-1$ ), è una sequenza pseudocasuale di 511 bit che simula un normale traffico dati; la sequenza può anche essere di lunghezza maggiore (2047, 4095 bit ecc.);
- *Fox* (o *QBF*, *Quick Brown Fox*) è la sequenza di caratteri corrispondente alla seguente frase: "The quick brown fox jumps over the lazy dog 0123456789". Essa è caratterizzata dal fatto che contiene tutte le lettere dell'alfabeto inglese ed i numeri;
- spesso è possibile definire delle proprie sequenze di test (*user defined pattern*).

Un data tester consente non solo di verificare la funzionalità di un DCE o di un collegamento al fine di individuare dei guasti, ma anche di effettuare una definizione quantitativa della qualità di trasmissione oppure la valutazione delle prestazioni di un DCE in presenza di rumore.

Tutto questo è consentito dal fatto che il data tester permette di effettuare tutta una serie di misure (o test), delle quali la principale è il *BERT* (*Bit Error Rate Test*).

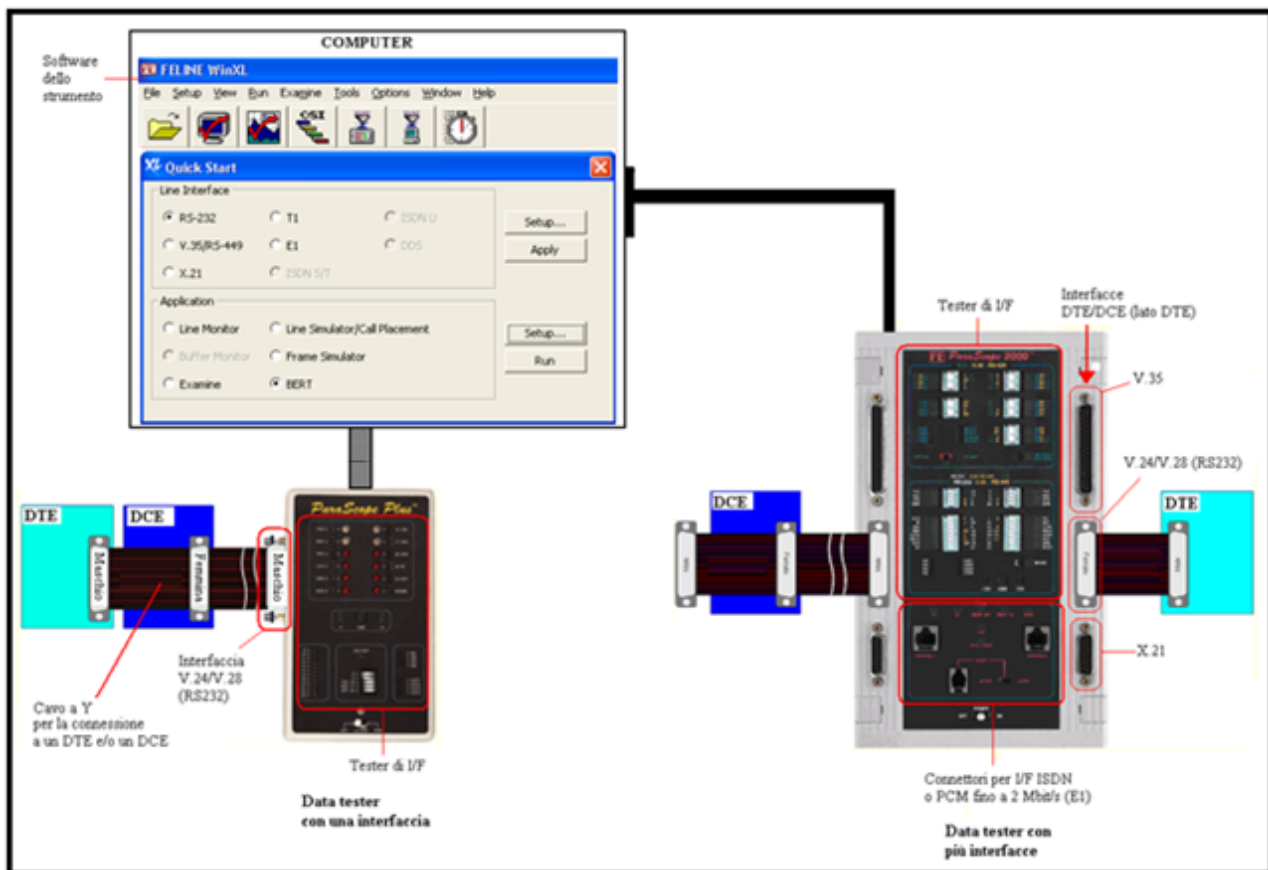


FIGURA 2 Esempi di data tester (Feline Parascope plus e Feline Parascope 2000, [www.fetest.com](http://www.fetest.com)).

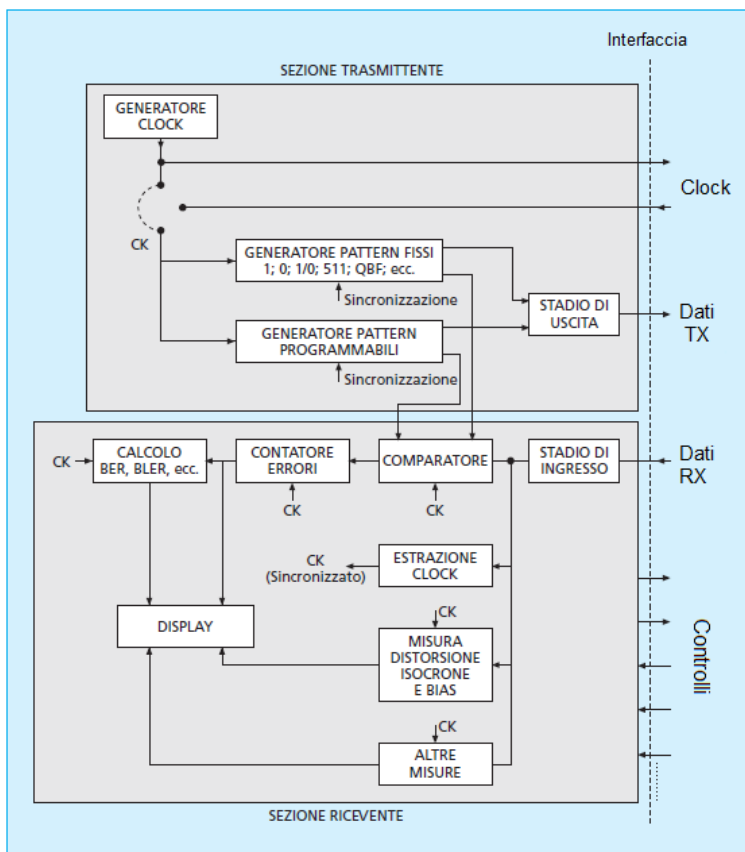


FIGURA 2 Schema a blocchi di principio di un data tester.

## 2.2 BERT (Bit Error Rate Test)

Tramite il data tester è possibile determinare il Bit Error Rate, o *tasso d'errore*, che si ha in un collegamento. Ciò permette di valutare l'affidabilità e la qualità degli apparati e della linea utilizzati, verificando se i valori di BER rientrano nei limiti prescritti dalle normative o se vi sono anomalie.

La prova che consente di determinare il BER viene denominata *BERT (Bit Error Rate Test)*.

Per esempio la determinazione del BER può essere effettuata utilizzando un data tester, mettendo in *loop* i DCE e operando nel seguente modo (FIGURA 3):

1. si instaura una connessione con il DCE remoto;
2. si configura il data tester, FIGURA 4, settando il pattern che si intende utilizzare, la sorgente per il clock (interno o esterno per le comunicazioni sincrone), la modalità (DTE o DCE), il bit rate (velocità di trasmissione), ecc.;
3. si attiva l'invio della sequenza di test e la sua ricezione, curando che il data tester sia sincronizzato (*In Lock*);
4. si fa proseguire la trasmissione per un tempo sufficientemente lungo (per esempio 15 minuti);
5. se si ritiene necessario verificare il funzionamento del data tester è possibile settare l'inserzione artificiosa di errori (selezionando l'*error rate*); ciò consente di verificare che la trasmissione avviene effettivamente e che il data tester è in grado di contare gli errori.

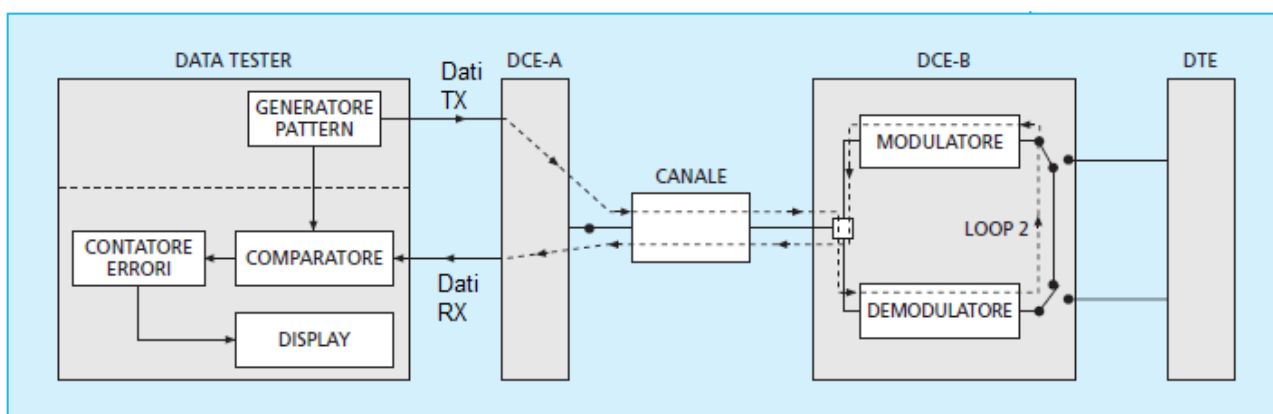


FIGURA 3 Esecuzione di un BERT con un data tester.

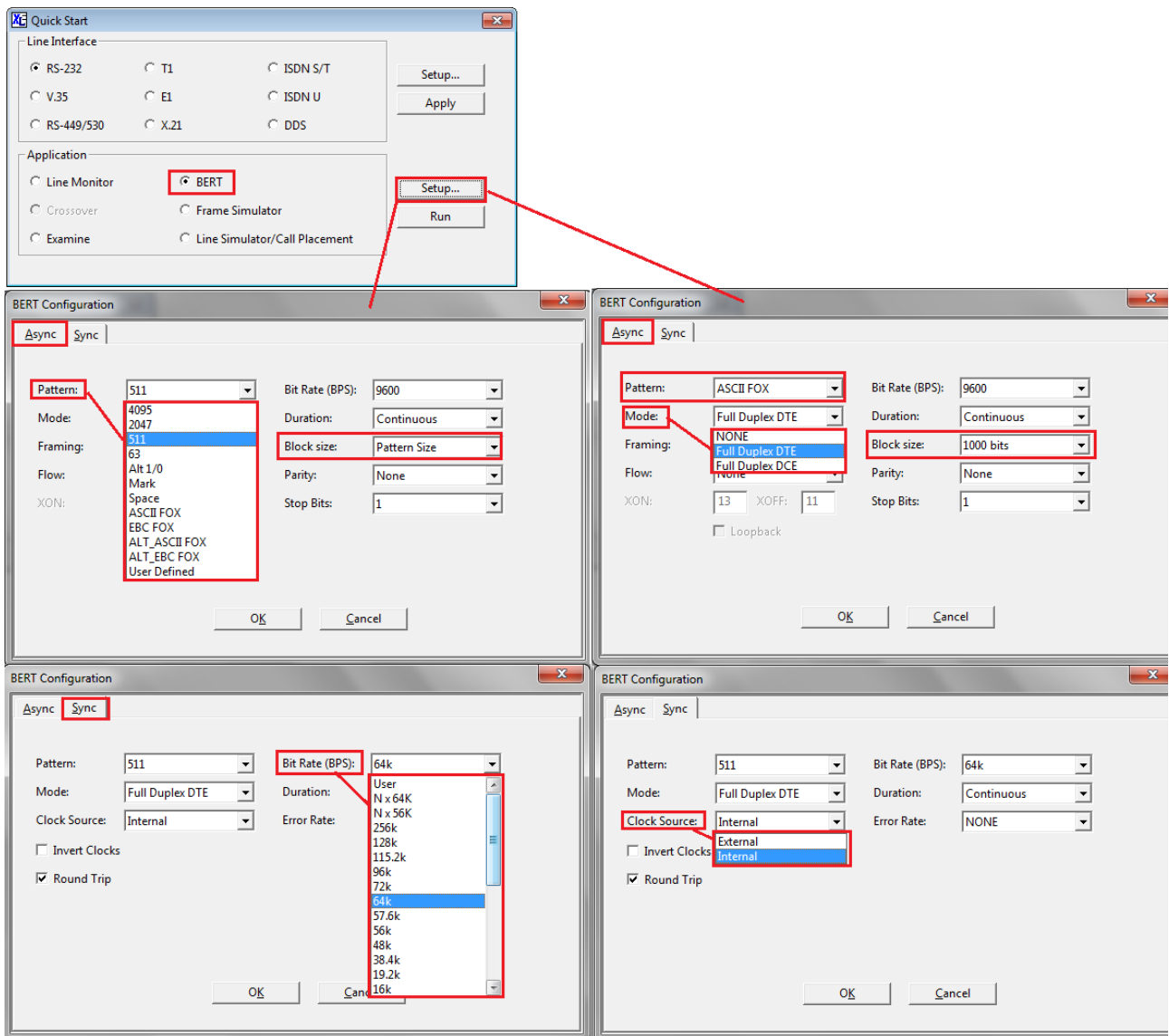


FIGURA 4 Esempi di configurazione di un data tester per testare collegamenti asincroni (sopra) e sincroni (sotto).

Il data tester dovrebbe rilevare gli errori e fornire delle statistiche in modo standardizzato (conforme alla Raccomandazione ITU-T G.821). A titolo esemplificativo in FIGURA 5 si riporta il risultato di un BERT, da cui si rileva che il data tester può fornire il numero totale di bit ricevuti (*Bits Rec'd*),  $N_t$  (nell'esempio  $N_t=170648556$ ), il numero totale di blocchi ricevuti (*Blocks Rec'd*), i parametri che caratterizzano gli errori e forniscono le statistiche relative al collegamento in modo conforme alla Raccomandazione ITU-T G.821; qui di seguito si fornisce il significato dei principali parametri.

- **Errori**

- *Bit Errors*, numero di bit errati,  $N_e$ , rilevati nel corso della prova; nell'esempio si ha  $N_e=2$ ;
- *Block Errors*, numero di blocchi errati; viene calcolato solamente nel caso in cui si opera in asincrono, quando di norma si trasmettono blocchi contenenti sequenze di caratteri (pattern: QBF o FOX);
- *Sync Loss Sec*, numero di secondi in cui si è avuto una perdita della sincronizzazione (*Out of Lock*);
- *Errored seconds (ES)*, numero di secondi in cui si ha almeno un errore, nell'esempio  $ES=2$ ;
- *Severe Error Sec (SES)*, numero di secondi in cui si ha un  $BER \geq 10^{-3}$ , il che significa qualità del collegamento pessima;

- **Statistiche**

- *Available Sec (AS)*, secondi in cui non ci sono stati errori, nell'esempio poiché la prova è durata 88 s (*time elapsed*, tempo trascorso tra start e stop) si ha  $AS=88-2=86$  [s];
- *Unavailable Sec*, è il periodo di tempo in cui si ha l'indisponibilità del collegamento in quanto si è in una condizione di SES, in cui si ha un  $BER \geq 10^{-3}$ ; viene calcolato a partire dal primo di 10 SES consecutivi;
- *Bit Error Rate*, è il rapporto tra il numero di bit errati ( $N_e$ ) e il numero di bit ricevuti ( $N_t$ ); nell'esempio si ha  $BER = \frac{N_e}{N_t} = \frac{2}{170648556} = 1.171999 \cdot 10^{-8}$ ;
- *% Error Free Sec*, è il rapporto, espresso in percentuale, tra il numero di secondi in cui non si sono avuti errori (*AS*) e la durata del BERT (*time elapsed*), nell'esempio è pari a  $(86/88) \cdot 100 = 97.73$  %;
- *Line grade*, è la qualità della linea;
- *Frequency*, è la frequenza di clock del segnale trasmesso, pari alla velocità di trasmissione in linea (bit rate);
- *Round Trip*, è l'intervallo di tempo che è intercorso tra l'invio e la ricezione dei bit di test;

Nel caso in cui il valore del BER non venga fornito direttamente dal data tester, esso può venire

determinato applicando la seguente formula:  $BER = \frac{\text{Numero bit errati}}{\text{Numero bit ricevuti}} = \frac{N_e}{N_t}$

Gli altri parametri (ES, SES, Availability, ecc.) permettono di distinguere tra errori sistematici, dovuti ad un qualche malfunzionamento o a una cattiva progettazione del collegamento, ed errori casuali, dovuti essenzialmente a rumore casuale (gli errori sono concentrati in un ristretto intervallo di tempo) e quindi definiscono in maniera precisa l'affidabilità del collegamento e il tipo di intervento che eventualmente deve essere fatto per migliorare la qualità.

Nei collegamenti asincroni può risultare utile riportare il numero di blocchi ricevuti con errori al numero di blocchi totali. Il parametro che definisce ciò viene denominato *BLER (Block Error Rate)*:

$$BLER = \frac{\text{Numero di blocchi contenenti errori}}{\text{Numero totale blocchi ricevuti}}$$

La prova che consente di determinare il BLER viene denominata *BLERT (Block Error Rate Test)*

A parità di numero di errori, un basso valore di BLER sta ad indicare che si è in presenza di errori casuali, noti anche come *errori a burst*; essi sono causati da eventi intervenuti in modo casuale e si concentrano in pochi blocchi. Al contrario, un valore elevato di BLER sta ad indicare la presenza di errori sistematici, in quanto essi sono distribuiti su molti blocchi e quindi si verificano con una certa regolarità. In quest'ultimo caso va determinata ed eliminata la causa di errore.

Infine, qualora si vogliano testare separatamente le due direzioni (TX, RX) di un collegamento è necessario impiegare due data tester posti rispettivamente come DTE-A e DTE-B, senza attivare alcun *loop*. La prova viene condotta in modo analogo a quanto sopra descritto.

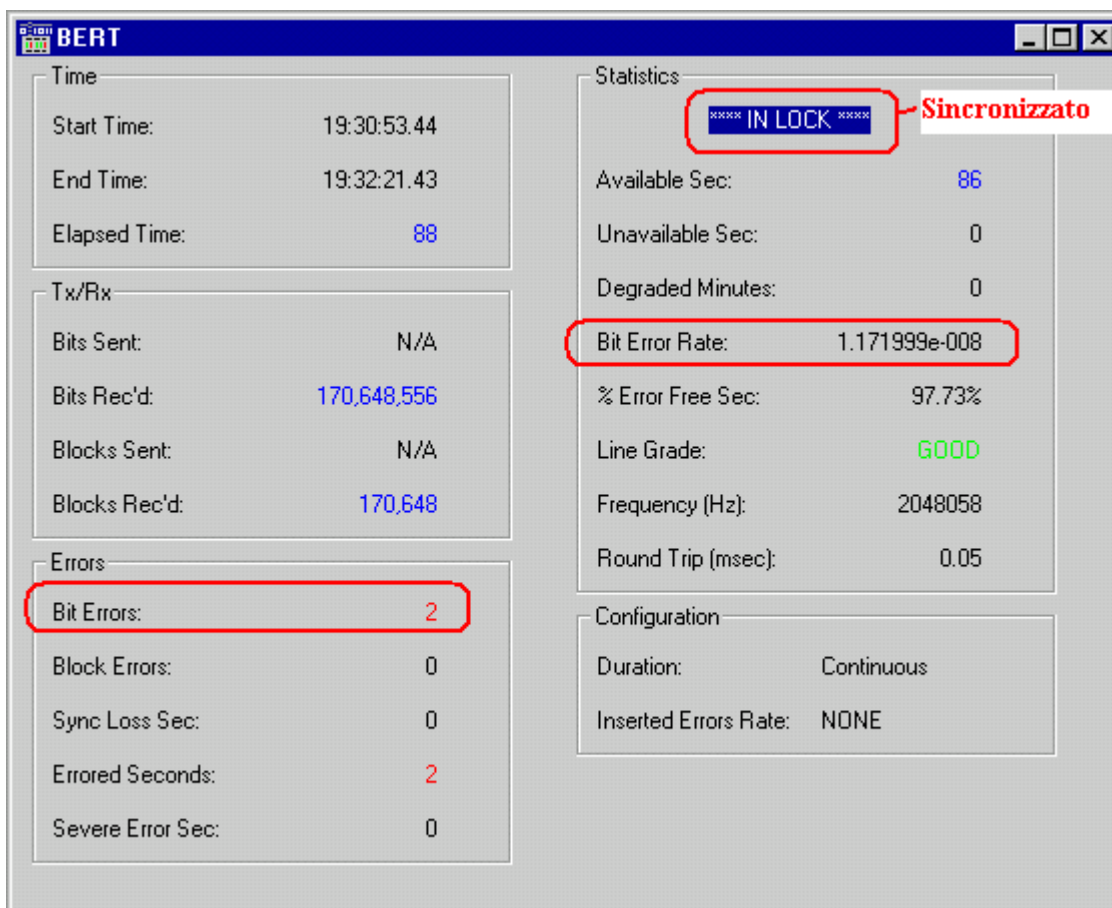


FIGURA 5 Esempio di risultato di un BERT su un collegamento E1 a 2,048 Mbit/s.

Nel caso in cui non sia disponibile un data tester è possibile condurre un bit error rate test qualitativo inviando delle sequenze note, aventi caratteristiche particolari.

Se il DTE è un PC è possibile inviare tramite un emulatore di terminale (HyperTerminal, PuTTY, GTKterm) le seguenti sequenze di caratteri ASCII:

- sequenza di U, che in binario corrispondono a 01010101....;
- sequenza QBF costituita dalla frase THE QUICK BROWN FOX JUMPS OVER THE LAZY DOG 0123456789 ripetuta più volte; contiene tutte le lettere dell'alfabeto e i numeri.

Se il DTE è un router che consente di porre l'interfaccia seriale in modalità loopback locale e supporta l'*extended ping* è possibile inviare le sequenze di caratteri esadecimali (si veda il LABORATORIO DIDATTICO 4):

- 0000
- 0001
- aaaa, corrispondente alla sequenza 1010....
- ffff, corrispondente a una sequenza di tutti 1

### 2.3 Verifica dell'affidabilità di un DCE

Il data tester consente di verificare la funzionalità di un DCE e/o di un intero collegamento. Per verificare la funzionalità di un singolo DCE, FIGURA 6, si agisce nel seguente modo:

- a) si attiva il Loop 3, facendo richiudere così all'interno del DCE, prima dell'I/F di linea, la trasmissione sulla ricezione;
- b) si inserisce il data tester e lo si configura avendo cura di selezionare correttamente il tipo di trasmissione (asincrona o sincrona), il bit rate, la sorgente di clock (nelle connessioni sincrone,

in modalità DTE, di solito il clock è esterno in quanto viene fornito dal DCE), il bit rate, ecc. ,  
FIGURA 4; si seleziona un pattern, di solito pseudocasuale (per esempio il 511);

- c) si controlla il numero di bit errati che compare a video (o sul display del data tester), esso deve essere pari zero o pari al numero di errori iniettati;
- d) si termina la prova disabilitando il Loop 3.

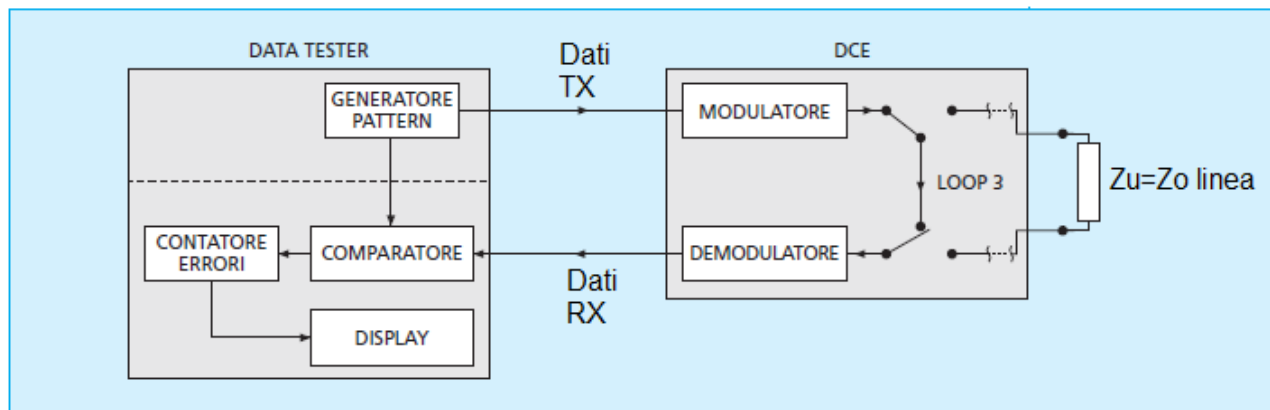


FIGURA 6 BERT su un DCE in Loop 3

A titolo esemplificativo si illustra la procedura che consente di testare un modem analogico.

Se il data tester che si utilizza non è basato su PC, come quelli di FIGURA 1, ma è uno strumento autonomo, prima di instaurare i *loop* è necessario disabilitare la disconnessione automatica del modem per caduta del DTR (C108) e dell'RTS (C105), in modo tale che quando si disconnette il PC per collegare il data tester il modem rimanga in *loop*. La disconnessione automatica per caduta del C108 (DTR, Data Terminal Ready) e del C105 (RTS, Request To Send) viene disabilitata con degli opportuni comandi AT.

Si deve quindi caricare su un PC un emulatore di terminale, per esempio *HyperTerminal*, settando dal menu *File – proprietà* la porta seriale a cui è collegato il modem (se per esempio è la COM1 si deve selezionare *connetti: COM1*) e quindi cliccando su *configura* si seleziona la velocità sull'I/F (per esempio 9600 bit/s). A questo punto si verifica che il modem sia in modalità comandi (si digita *AT* e il modem risponde con OK) e si immettono i seguenti comandi AT, FIGURA 7 (quelli qui indicati sono relativi a modem *Sidin*, accertarsi che siano gli stessi del DCE che si sta testando):

- **AT&F** ⇒ ripristina le impostazioni di fabbrica
- **AT&D0** ⇒ il DTR (C108) viene ignorato dal modem;
- **AT&R1** ⇒ il CTS (Clear To Send, C106) è sempre a livello alto, cioè si ignora l'RTS (C105);
- **AT\N0** ⇒ pone il modem in modalità normale, disabilitando la compressione dati e la correzione d'errore;
- **AT&T1** ⇒ ordina al modem di attivare il Loop 3.

Il modem si pone in Loop 3, inviando le risposte TEST IN PROGRESS, per indicare che è entrato in *loop*, e CONNECT 9600, per indicare la velocità con la quale sta operando lato interfaccia seriale (V.24/V.28).

A questo punto ciò che si digita a tastiera viene inviato al modem sul C103 (dati trasmessi, TD), il quale lo modula, lo demodula e lo invia sul C104 (dati ricevuti, RD) al PC, il quale lo visualizza a video.

E' quindi possibile inserire il data tester e avviare il BERT (Bit Error Rate Test) per verificare che il modem è in grado di modulare e demodulare dei dati senza errori. Ovviamente il BERT deve dare come esito 0 errori, BER=0, in quanto non vi è nulla, se non un malfunzionamento, che possa causare errori. Se si è deciso di iniettare artificialmente degli errori, per verificare che il data tester funzioni, il numero di errori rilevati deve essere pari a quelli iniettati;

Per terminare il *loop* è necessario passare nuovamente al software di comunicazione del PC, digitare la sequenza di *escape* (+++), per passare in modalità comandi, e digitare il comando di fine *loop*: **AT&T0**.

```

AT
OK
AT&D0
OK
AT&R1
OK
AT\N0
OK
AT&T1
TEST IN PROGRESS
CONNECT 9600
E' STATO DATO IL COMANDO DI LOOP3 (AT&T1). IL MODEM RICEVE I DATI SUL C103, LI
MODULA, LI INVIATA AL DEMODULATORE E LI RIMANDA DIRETTAMENTE SUL C104. TUTTO
QUELLO CHE SI DIGITA SULLA TASTIERA VIENE MANDATO AL MODEM CHE LO RIMANDA AL PC,
IL QUALE LO VISUALIZZA SUL VIDEO. PER USCIRE DAL LOOP3 SI DEVE DIGITARE LA
SEQUENZA DI ESCAPE (+++) E QUINDI IL COMANDO DI FINE LOOP (AT&T0)
+++ 
OK 
AT&T0
OK
  
```

FIGURA 7 Attivazione del Loop 3 su un modem analogico.

## 2.4 Verifica dell'affidabilità di un collegamento

Come mostrato in FIGURA 8, per verificare l'affidabilità di un intero collegamento, DCE locale+linea+DCE remoto, si può utilizzare un solo data tester, se si pone in Loop 2 il DCE remoto (Loop 2 remoto), per effettuare un BERT operando nel seguente modo (FIGURA 9):

- si instaura una connessione con il DCE remoto;
- si attiva il Loop 2 remoto, richiudendo così sul DCE remoto, lato I/F DTE/DCE, i dati ricevuti (C104) sui dati trasmessi (C103). L'attivazione del Loop 2 remoto avviene di solito inviando al DCE locale un opportuno comando AT (nell'esempio **AT&T6**), dopo essere passati in modalità comando digitando la *sequenza di escape* (+++).
- si inserisce il data tester e lo si configura avendo cura di selezionare correttamente il tipo di trasmissione (asincrona o sincrona), il bit rate, la sorgente di clock, il bit rate, ecc.; si seleziona un pattern, di solito pseudocasuale (per esempio il 511), e si verificare che esso venga ricevuto dal data tester senza errori;
- si controlla il numero di bit errati che compare a video (o sul display del data tester), idealmente esso dovrebbe essere pari zero o pari al numero di errori iniettati, mentre in un collegamento reale il numero di errori deve essere tale da determinare un BER sufficientemente piccolo (per esempio  $10^{-8}$ , come in FIGURA 5);
- si termina il test disabilitando il Loop 2; a tale scopo si invia prima la sequenza di escape (+++), per passare in modalità comando, e quindi inviando il comando di fine test, che di solito è **AT&T0**.



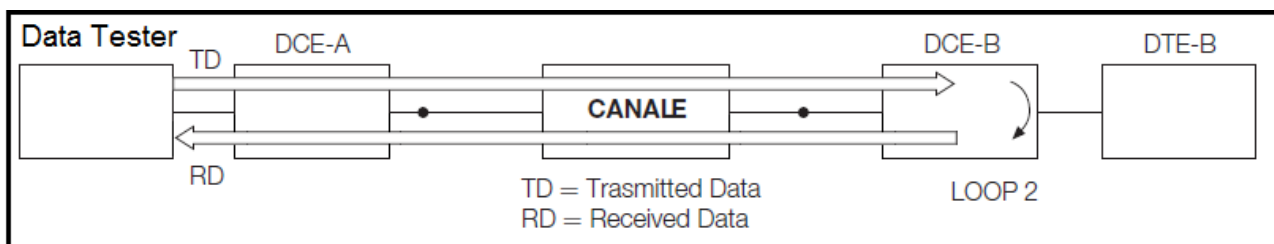


FIGURA 8 Verifica con Loop 2

```

MODEM - HyperTerminal
File Modifica Visualizza Chiama Trasferisci ?
[Icone]

[AT\N0] — Modalità normale
OK
[AT&L1D] — Connettiti su linea dedicata (si digita AT&L1A sull'altro modem)
[CONNECT 9600] — Il modem si è connesso a 9600 bit/s
• — Si digita la sequenza di escape (a video non compare): +++
OK — Il modem torna in modalità comandi
[AT&T6] — COMANDO DI ATTIVAZIONE DEL LOOP2 REMOTO
[TEST IN PROGRESS] — Il modem si è posto in LOOP, la connessione è 9600 bit/s
[CONNECT 9600]
IL MODEM REMOTO SI E' MESSO IN LOOP2 QUELLO CHE SI VEDE A VIDEO E' STATO DIGITAT
O SUL COMPUTER LOCALE, MANDATO AL MODEM REMOTO CHE LO INVIA A RITROSO. PER TERMI
NARE IL LOOP2 REMOTO SI DIGITA LA SEUENZA DI ESCAPE (+++) SEGUITA DAL COMANDO DI
FINE LOOP (AT&T0)
[+++] — Sequenza di escape
OK
[AT&T0] — Fine del LOOP
OK

Connesso a 0.05.51 Auto detect 9600 8-N-1 SCORR MAIUSC NUM Cattura Eco stampante

```

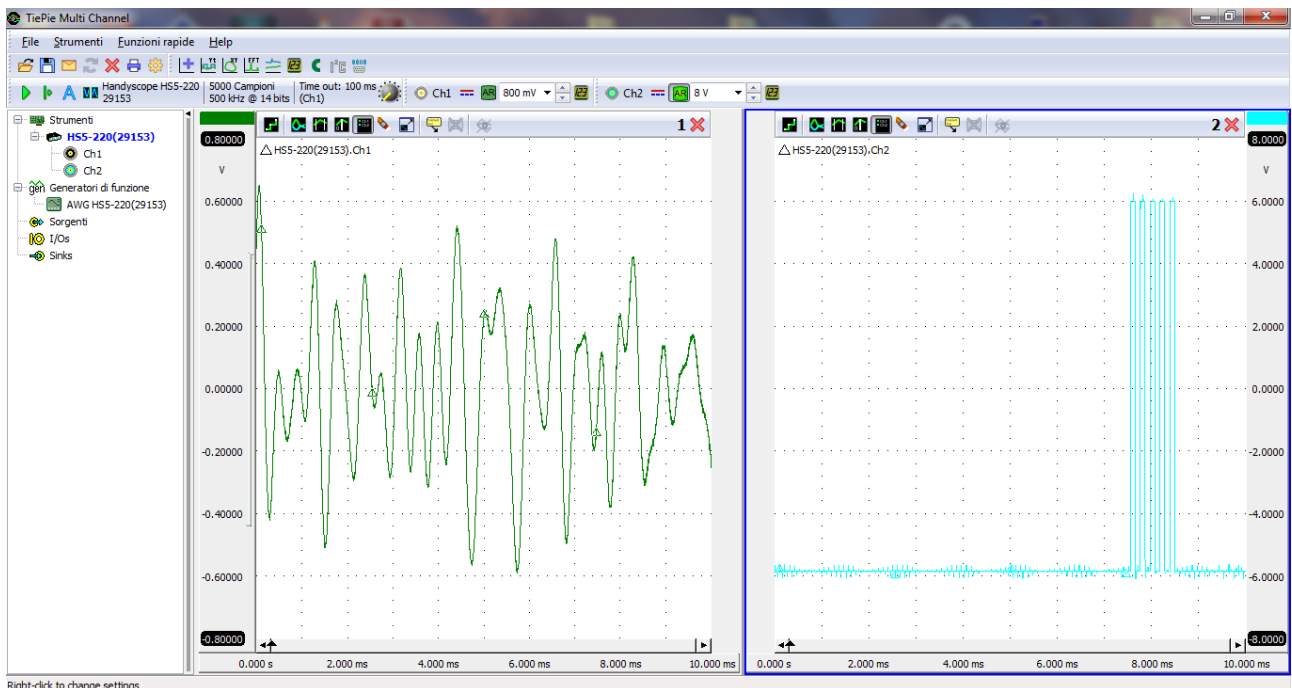
FIGURA 9 Attivazione di un Loop 2 remoto per effettuare il BERT su un intero collegamento.

Inserendo un sezionatore fra PC e modem e un punto di prelievo sulla linea è possibile visualizzare il segnale trasmesso sul C103 (TD), il segnale in linea e il suo spettro, FIGURA 10.

Poiché è stata settata sull'emulatore di terminale la velocità 9600 bit/s, il modem si è posto in modalità V.32 impiegando la modulazione 16QAM con un symbol rate pari a 2400 Baud.

Dallo spettro del segnale in linea si rileva che esso rientra nella banda del canale telefonico (300-3400 Hz).

Se non si dispone di un data tester è possibile inviare tramite l'emulatore di terminale delle sequenze di test costituite per esempio dal carattere ASCII U, codificato in esadecimale (0x) come 0x55 e in binario come 01010101.



Segnale in linea (modulazione 16QAM) e segnale sul C103 corrispondente al carattere ASCII U (0x55; bin 01010101)

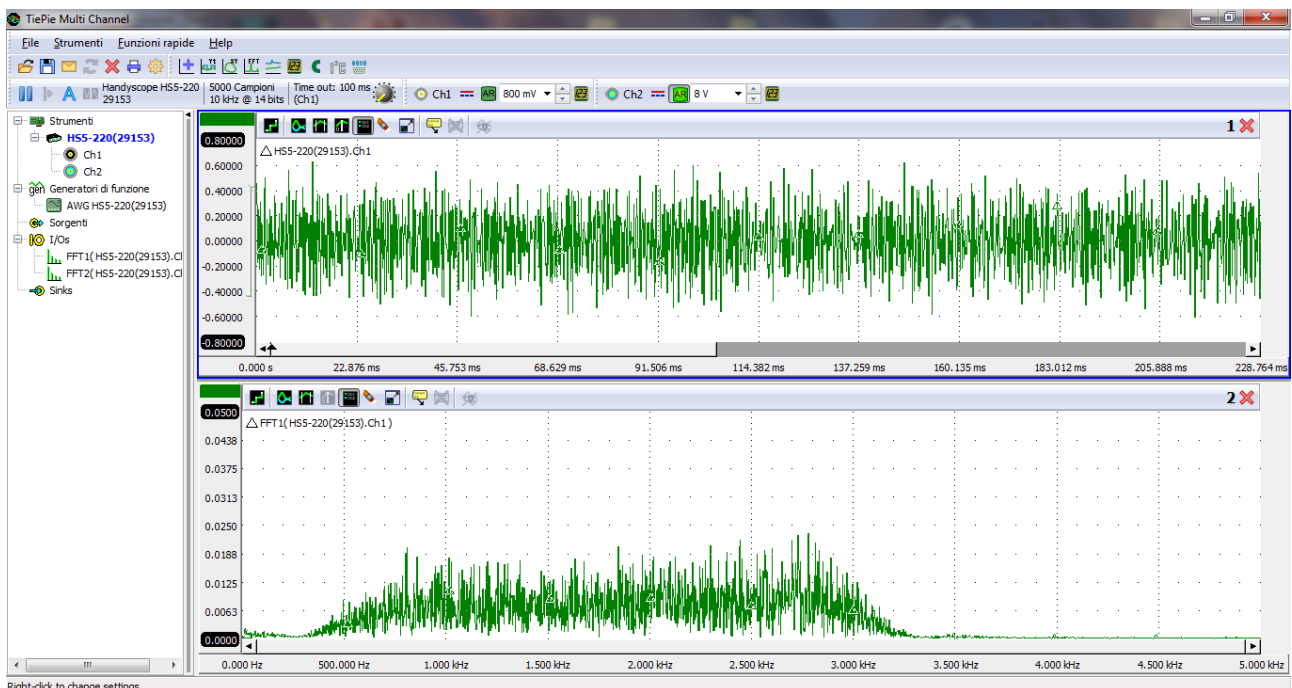


FIGURA 10 Segnale in linea e suo spettro

Molti modem possono effettuare anche dei Loop 3 o Loop 2 con *autotest*. Questi *loop* consentono di testare qualitativamente un modem o un collegamento senza utilizzare un data tester, in quanto è il modem locale stesso che invia un pattern pseudocasuale, lo riceve tramite il *loop* e controlla che esso non presenti errori. Al termine del test il modem indica il numero di errori rilevati.

A titolo esemplificativo in FIGURA 10 è mostrato un Loop 2 remoto con autotest, attivato tramite il comando **AT&T7**.

Infine si fa notare che nei DCE ad alta velocità, oltre alle interfacce di linea e DTE/DCE (V35, ecc.), è di solito presente un'interfaccia seriale V24/V.28 (denominata *Config* oppure *ACD*), a cui

viene collegato un PC con caricato un software di comunicazione che permette di inviare al DCE i comandi di configurazione e diagnostica (attivazione dei *loop*, ecc.). Di solito questa interfaccia è a 9 pin e opera in asincrono a 9600 bit/s con formato 8,1,N (8 bit per carattere, 1 stop bit, nessuna parità).

```
AT
OK
AT\N0
OK
AT&L1D
CONNECT 9600
MODEM CONNESSI. DIGITARE LA SEQUENZA DI ESCAPE (+++) SEGUITA DAL COMANDO DI
LOOP2 CON AUTOTEST (AT&T7). PER TERMINARE IL LOOP DIGITARE IL COMANDO DI
FINE LOOP AT&T0
+++
OK
AT&T7
TEST IN PROGRESS
CONNECT 9600
AT&T0
000
OK
```

Connesso a 0.03.28   Auto detect   9600 8-N-1   SCORR   MAIUSC   NUM   Cattura   Eco stampante

FIGURA 10 Loop 2 remoto con autotest.