

Appendice 1.2

Verifica del funzionamento di un modem

1.2.1 Scenario

Lo scopo di questa esercitazione è quello di illustrare l'utilizzo di base dei comandi AT, che costituiscono uno standard per la configurazione a linea di comando dei DCE (nonché di altri apparati quali telefoni cellulari, moduli radio, ecc.).

A scopo didattico si desidera collegare due modem analogici tramite una linea dedicata e utilizzare i comandi AT per configurare modalità operative diverse, in modo da poter analizzare i segnali e gli spettri che vengono prodotti. In particolare si vuole:

- determinare lo spettro e l'occupazione di banda che si hanno nelle seguenti modalità operative: V21, 300 bit/s; V22, 1200 bit/s; V.32, 9600 bit/s; V34+, 33 600 bit/s (115 200 bit/s con compressione);
- verificare la tecnica utilizzata per realizzare la trasmissione in Full-Duplex su due fili.

1.2.2 Strumentazione

Per questa esercitazione si possono utilizzare i seguenti strumenti:

- due modem, per esempio V.34+ (33 600 bit/s) o V.90.
- due computer dotati di porta seriale e con installato un emulatore di terminale (per esempio *HyperTerminal* o *PuTTY*), per la configurazione dei modem;
- oscilloscopio, analizzatore di spettro, misuratore di livello, frequenzimetro, preferibilmente basati su PC.

Si possono quindi realizzare le esperienze qui di seguito descritte.

1.2.3 Configurazione del modem mediante i comandi AT

Per configurare direttamente un modem (e più in generale un DCE) è necessario connettersi tramite una porta seriale e, utilizzando un software di comunicazione che offra un emulatore di terminale (per esempio *HyperTerminal* o *PuTTY*), inviare al DCE i comandi AT che lo configurano nel modo desiderato, agendo come qui di seguito illustrato (si fa riferimento ai comandi AT dei modem *Sidin*, per altri tipi di modem consultare il manuale).

Si realizzano le connessioni PC-modem e modem-modem nel seguente modo:

- collegare un cavo di interfaccia (I/F) V.24/V.28 tra una porta seriale del PC (RS232 o COM in ambiente Windows, `ttys0` in ambiente LINUX) e la porta seriale del modem;
- collegare i due modem tramite un normale doppino telefonico dotato di connettori RJ11.

Si apre il software di comunicazione *HyperTerminal*.

Si configura il software di comunicazione selezionando *File – Proprietà*; si clicca su *connetti* e si seleziona *COMn* (n = porta seriale in uso, nell'esempio la COM3); si clicca su *configura* e si setta la velocità di trasmissione sull'interfaccia, per esempio a 9600 bit/s (FIGURA 1).

Come prima cosa si digita semplicemente **AT**, per verificare che il modem sia effettivamente connesso alla porta seriale, nel qual caso la risposta sarà **OK**.

Quando si digita sulla tastiera il comando AT e si preme <invio> i caratteri vengono trasmessi al modem, me può succedere che:

1. esso viene visualizzato perché è attivato solo l'eco remoto (da parte del modem) dei caratteri; per esempio l'eco remoto può essere attivato con il comando **ATE1** e disattivato con **ATE0**;
2. esso non viene visualizzato perché sia l'eco locale sia l'eco remoto dei caratteri non sono attivati;
3. esso viene visualizzato perché è attivato solo l'eco locale (da parte di HyperTerminal) dei caratteri;
4. esso viene visualizzato due volte perché sia l'eco locale sia l'eco remoto (da parte del modem) sono attivati.

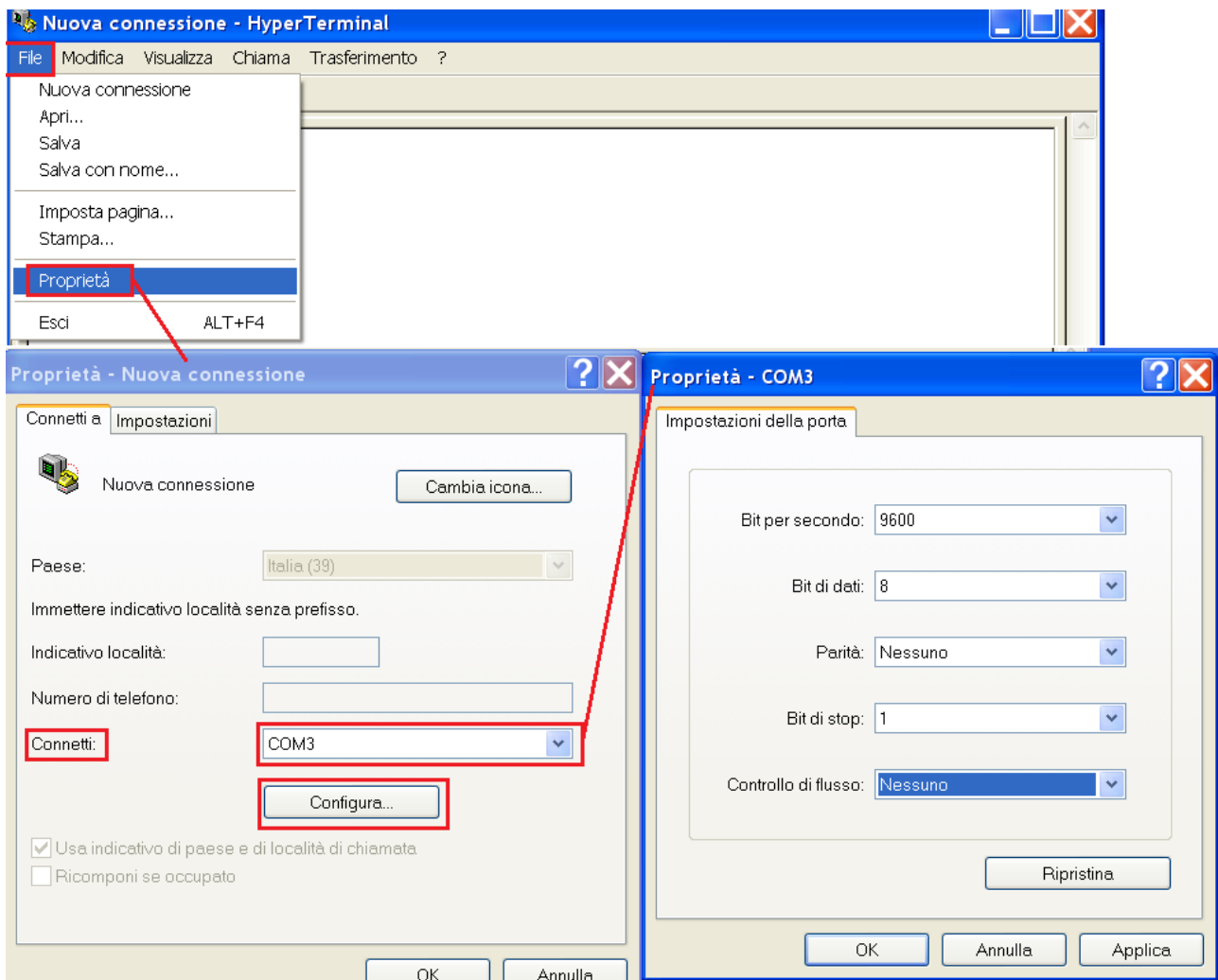


FIGURA 1 Esempio di configurazione di HyperTerminal

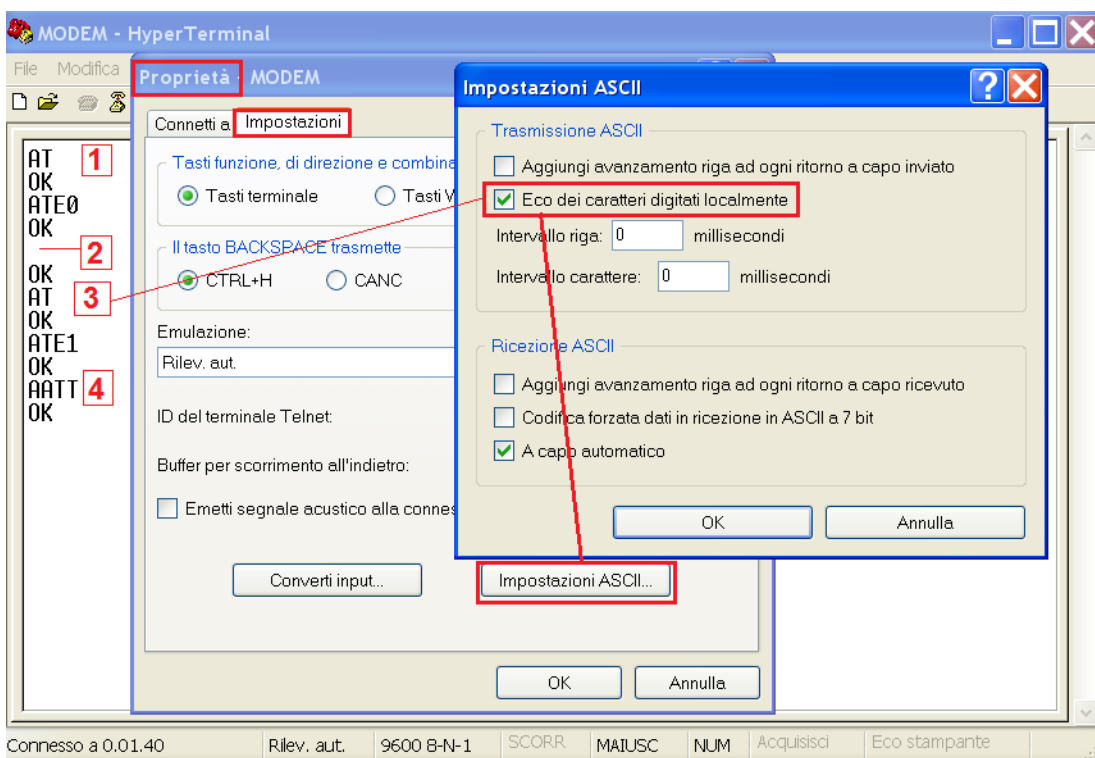


FIGURA 2 Possibili visualizzazioni di un comando AT.

Come configurazione di fabbrica i modem normalmente abbattono una connessione alla linea in modo automatico (disconnessione automatica) e tornano in modalità comandi a fronte di uno dei seguenti eventi:

- i circuiti di I/F DTR (*Data Terminal Ready*, o C108) e/o RTS (*Request To Send*, o C105) non sono più a livello alto (disconnessione per caduta del C108 e/o caduta del C105); in questo modo se il PC viene spento oppure se si scollega il cavo V.24/V.28 dall'interfaccia seriale, il modem abbatte la connessione;
- dalla linea non giunge alcun segnale (caduta della portante) per un tempo superiore a quello impostato nel registro S10; in questo modo se si ha un'interruzione in linea oppure il modem remoto si disconnette, anche il modem locale si disconnette.

Quindi se si desidera utilizzare un PC per configurare il modem e comandare una connessione su linea dedicata, ma poi sostituire il PC con un data tester esterno per poter inviare sequenze di bit particolari, si deve disabilitare la disconnessione automatica per caduta del DTR e dell'RTS.

È possibile disabilitare la disconnessione automatica digitando i seguenti comandi (FIGURA 3):

- **AT&D0** <invio> → il DTR (C108) viene ignorato dal modem;
- **AT&R1** <invio> → il CTS (*Clear To Send*, C106) è sempre a livello alto, cioè si ignora l'RTS (C105).

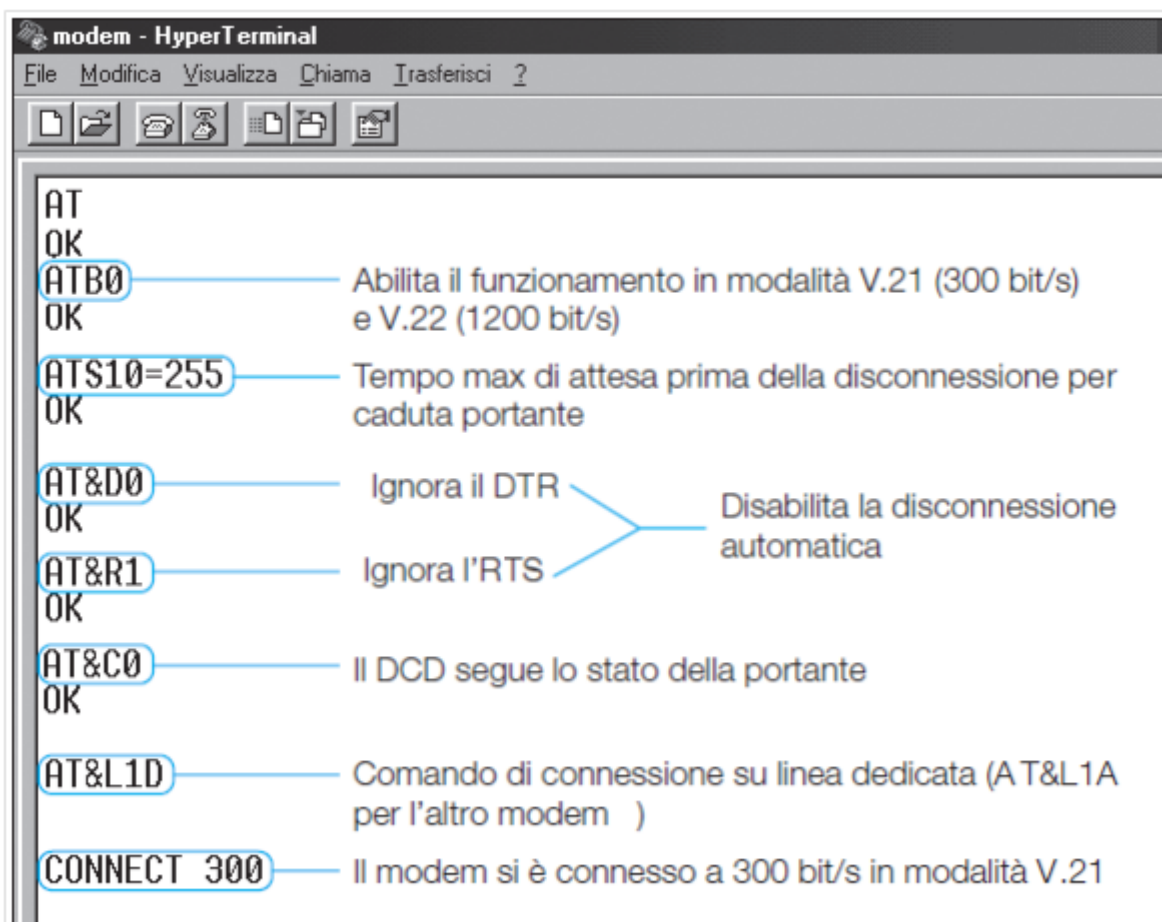


FIGURA 3 Esempio di configurazione e di connessione (velocità impostata sull'emulatore di terminale: 300 bit/s)

È poi utile fare in modo che il DCD (*Data Carrier Detect*, o C109) vada nello stato alto (si accende il led CD, *Carrier Detect*) solamente quando il modem riceve un segnale utile dalla linea e non sia sempre fisso a *on* (&C0); a tale scopo si deve digitare il comando **AT&C1**.

Se si desidera memorizzare la configurazione così determinata è necessario salvare le impostazioni tramite il comando **AT&W**.

I comandi possono essere digitati su una stessa riga: **AT&D0 &R1 &C1 &W** <invio>.

1.2.2 Instaurazione di connessioni dedicate a varie velocità e verifica del funzionamento

Per instaurare una connessione su linea dedicata è necessario dare i seguenti comandi AT:

- **AT&L1D**, su un modem (va digitato per primo);
- **AT&L1A**, sull'altro modem.

A questo punto i modem si connettono (se la connessione fallisce viene visualizzato il messaggio *no carrier*) e viene visualizzato il messaggio *connect xxxx*, dove *xxxx* è il bit rate (bit per secondo) a cui è settata la porta seriale (FIGURA 2). Per ottenere una connessione a velocità inferiori a 2400 bit/s, e quindi per forzare i modi V.21 (300 bit/s Full-Duplex) e V.22 (1200 bit/s FD) è necessario inviare il comando **ATB0**.

In questo modo se si setta la velocità 300 bit per secondo nella configurazione della porta seriale (COM), allora i modem si connetteranno a 300 bit/s in modalità V.21 (FIGURA 3). Se invece si setta la velocità 1200 bit per secondo allora i modem si connetteranno a velocità 1200 bit/s in modalità V.22.

Agendo nel modo indicato è possibile far connettere i modem a varie velocità, tramite i PC, e poi sostituire ai PC dei data tester per inviare in linea dei *pattern* (sequenze di bit) pseudocasuali 511 (si veda il VOLUME 2 CAPITOLO LAB. 2) alle diverse velocità.

Si può quindi andare a visualizzare lo spettro del segnale in linea per verificare l'occupazione di banda e la modalità con cui si realizza il Full-Duplex.

Per una valutazione qualitativa è possibile utilizzare direttamente i PC, senza passare ai data tester, digitando sulla finestra di *HyperTerminal* dei caratteri o trasferendo un file.

Qui di seguito si illustrano i risultati ottenuti nelle modalità V.21, V.22, V.32, V.34+. Se lo si desidera è possibile visualizzare con un oscilloscopio la forma del segnale modulato, misurare il livello di potenza del segnale in linea, determinare le frequenze portanti utilizzate ecc.

- **Modalità V.21, 300 bit/s, e V.22, 1200 bit/s:** le FIGURE 4 e 5 riportano lo spettro del segnale modulante e del segnale in linea¹ per una connessione a 300 bit/s (modalità V.21) e 1200 bit/s (modalità V.22), quando si collega al modem un data tester che emette il pattern pseudocasuale 511. Le figure evidenziano che il Full-Duplex viene ottenuto *a divisione di banda*, suddividendo la banda telefonica tradizionale (300 ÷ 3400 Hz) in due sottobande; su quella inferiore trasmette il primo modem (chi fa partire la chiamata, *Originate*), mentre sull'altra trasmette il secondo modem (chi risponde, *Answer*).
- **modalità V.32, 9600 bit/s, e V.34+, 33 600 bit/s:** nelle FIGURE 6 e 7 si riportano gli spettri che si ottengono realizzando connessioni con velocità 9600 bit/s (modalità V.32) e 115 200 bit/s con attivata la compressione dati (modalità V.34+ a 33600 bit/s). Le figure evidenziano chiaramente che a 9600 e 33600 (115200 compressi) si utilizza la *cancellazione d'eco* per realizzare il Full-Duplex. Inoltre si sottolinea che, mentre nelle modalità V.21, V.22, V.32 lo spettro del segnale modulato rientra nella banda del canale telefonico tradizionale ($B = 300 \div 3400$ Hz), nei modem V.34+ lo spettro occupa quasi per intero la banda 0 ÷ 4 kHz.

Tramite un voltmetro a vero valore efficace (o *true RMS*)² e un misuratore di livello è possibile misurare il valore efficace e il livello di potenza (espresso in dBm) del segnale modulato (FIGURA 7).

Di solito i modem trasmettono in linea un segnale avente un livello di circa -10 dBm, in quanto le normative prescrivono che il massimo livello del segnale modulato non deve superare 0 dBm (1 mW).

Nel nostro caso il livello di potenza del segnale modulato è pari a circa -11,6 dBm, mentre il suo valore efficace è di 0,202 V.

Sapendo che l'impedenza caratteristica dei circuiti telefonici a frequenze vocali è pari a 600 Ω è possibile verificare ciò:

$$P = \frac{(V_{\text{eff}})^2}{Z_0} = \frac{(0,202)^2}{600} \approx 0,068 \text{ mW} \Rightarrow Lp = 10 \log_{10}(0,068) \approx -11,67 \text{ dBm}$$

¹ La visualizzazione è stata ottenuta collegando i due fili di linea (rosso e verde) di un cavo con connettore RJ11 a un doppino e realizzando un punto di misura tramite una morsettiera. Va notato che per ottenere una misura del segnale in linea senza che siano introdotti squilibri di impedenza sarebbe necessario utilizzare cavi di misura bilanciati e un analizzatore di spettro con ingressi bilanciati e non con i normali ingressi BNC per cavi coassiali, che sono di tipo sbilanciato (uno dei conduttori è messo a massa).

² RMS = *Root Mean Square*, radice quadrata del valore quadratico medio, è la definizione di valore efficace.

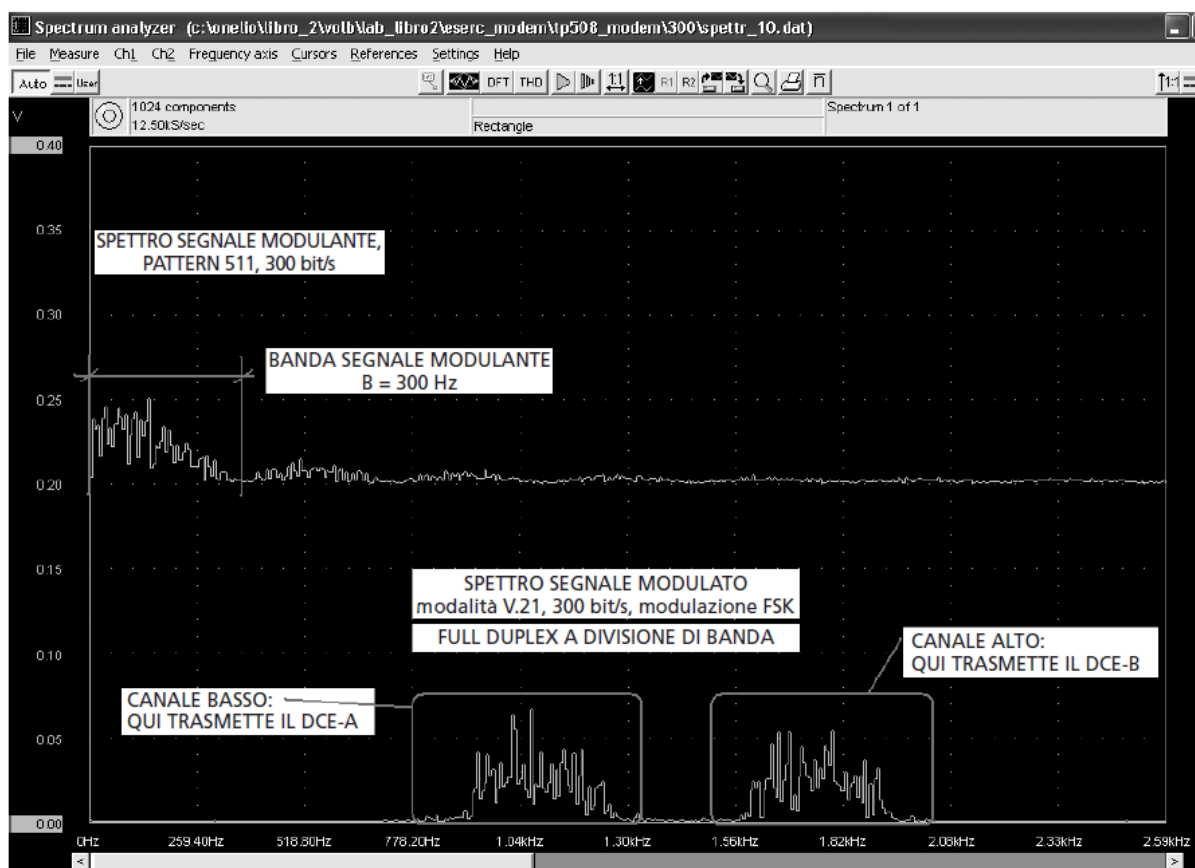


FIGURA 4 Spettro del segnale modulato con modalit  V.21 (300 bit/s) e pattern 511 trasmesso.

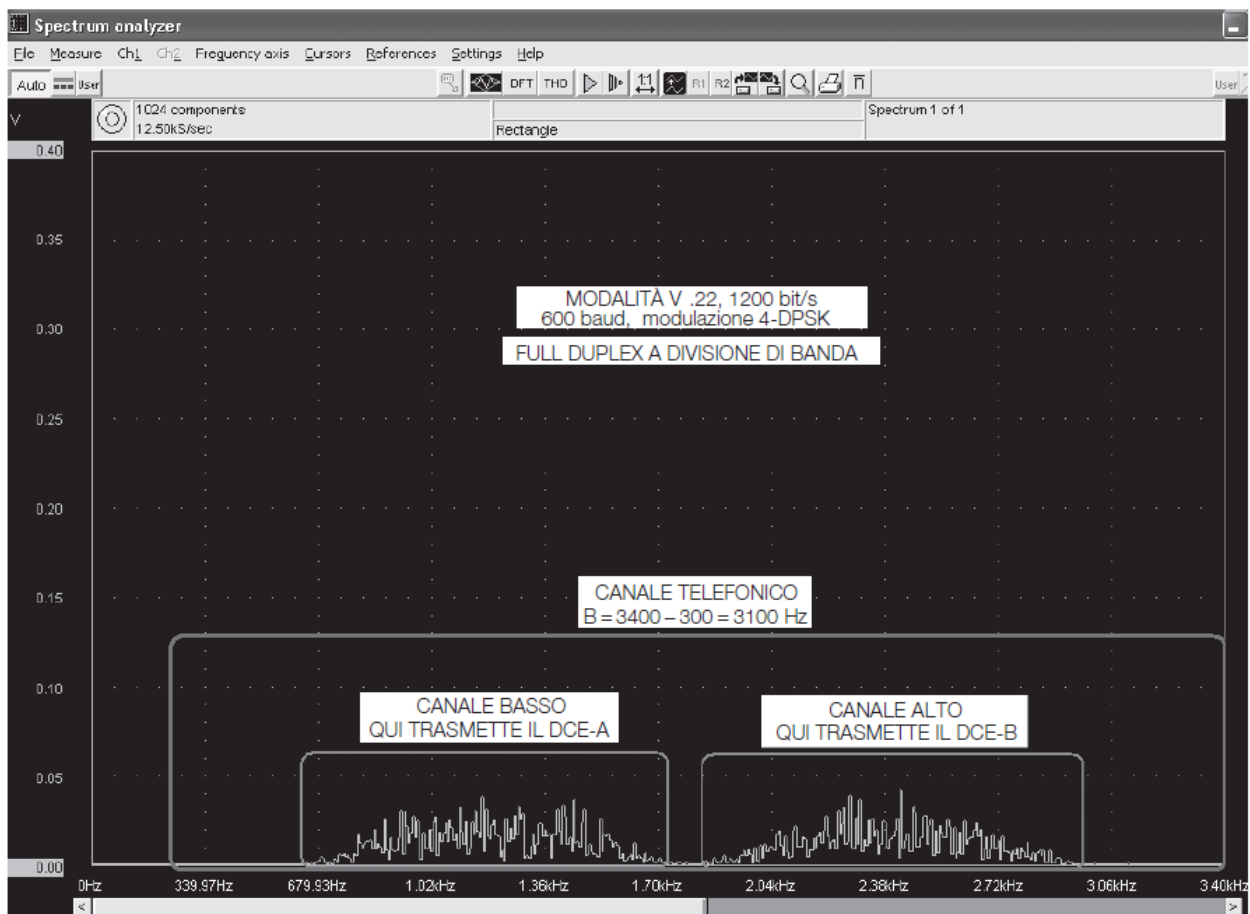


FIGURA 5 Spettro del segnale modulato con modalit  V.22 (1200 bit/s) e pattern 511 trasmesso.

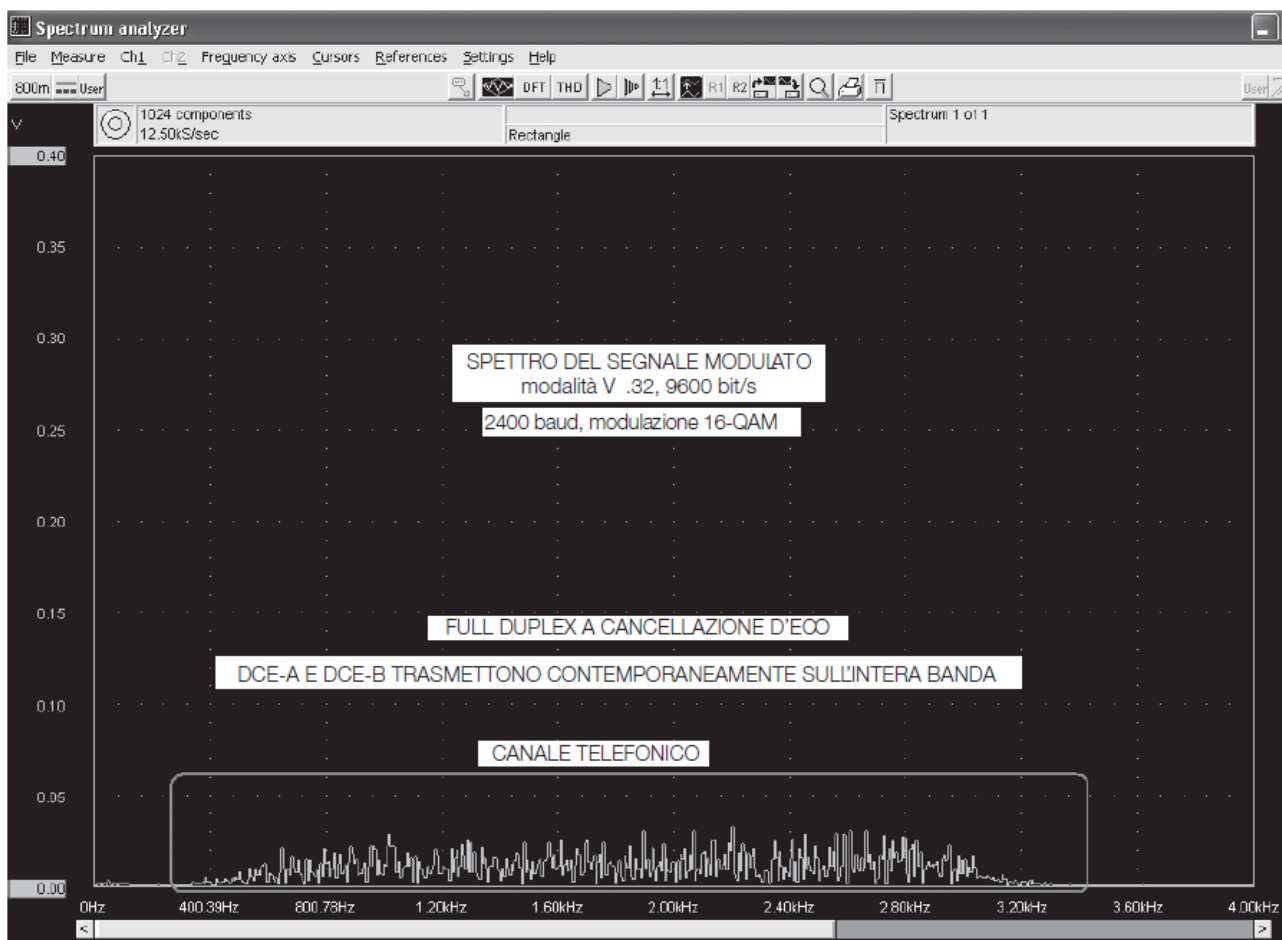


FIGURA 6 Spettro del segnale modulato con modalità V.32 (9600 bit/s) e pattern 511 trasmesso.



FIGURA 7 Spettro del segnale modulato con modalità V.34+ (33 600 bit/s, fino a 115 200 con compressione); livello di potenza e valore efficace del segnale modulato (in alto).