

**BUGBOOK<sup>®</sup>**  
Continuing Education Series



edited by

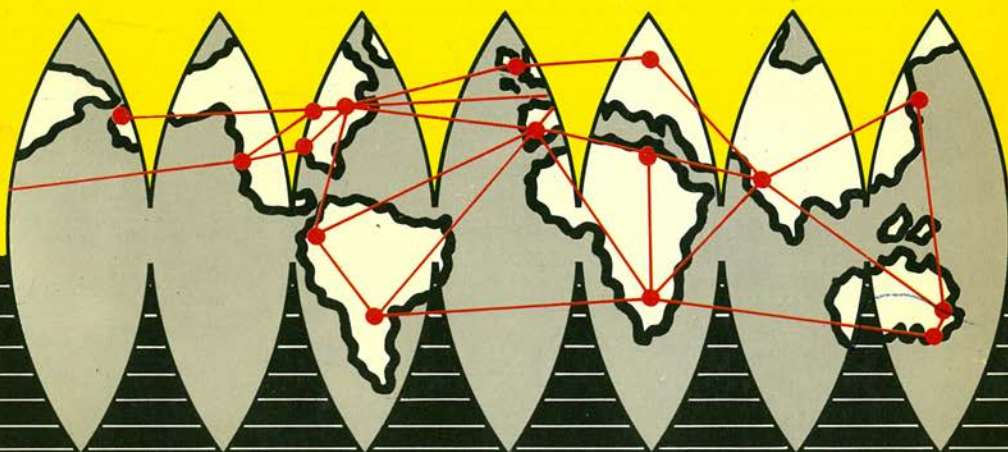
**Larsen, Titus & Titus**

# ELEMENTI DI TRASMISSIONE DATI

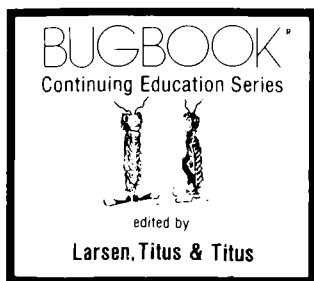
EDIZIONE  
ITALIANA

a cura del  
Technical Education  
Department Marketing  
and  
Publications Division  
The National  
Cash Register Co.

JACKSON  
ITALIANA  
EDITRICE







# **ELEMENTI DI TRASMISSIONE DATI**

**a cura del  
TECHNICAL EDUCATION DEPARTMENT  
MARKETING EDUCATION AND  
PUBBLICATIONS DIVISION  
THE NATIONAL CASH REGISTER CO.**

Versione Italiana  
di L. Casamatti e V. Monaco



**GRUPPO  
EDITORIALE  
JACKSON**  
Via Rosellini, 12 - 20124 Milano

© Copyright 1971  
per l'edizione originale  
The National Cash Register Co.  
Dayton, Ohio (USA).

© Copyright 1980  
per la versione italiana  
Gruppo Editoriale Jackson  
Via Rosellini, 12 - 20124 Milano

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questo libro può essere riprodotta, posta in sistemi di archiviazione, trasmessa in qualsiasi forma o mezzo, elettronico, meccanico, fotocopiatura, ecc. senza l'autorizzazione scritta.  
Il contenuto di questo libro è scrupolosamente controllato ed è completamente affidabile. Tuttavia non si assume alcuna responsabilità per eventuali imprecisioni od omissioni.

Stampato in Italia da  
S.p.A. Alberto Matarelli - Stabilimento Grafico  
Via Antoine Watteau, 7 - 20125 Milano

## PREFAZIONE ALL'EDIZIONE ITALIANA

La trasmissione dei dati e le comunicazioni in genere sono molto importanti per lo sviluppo della società umana. Ogni Paese non può, particolarmente oggi, rinunciare alla formazione di tecnici e ricercatori che sviluppino e mantengano il sistema delle comunicazioni. Non poteva quindi mancare, nella serie dei Bugbooks pubblicati in Italia dal Gruppo Editoriale Jackson, questo testo che, in maniera facile e chiara, copre gli argomenti relativi alla trasmissione dei dati e dei segnali in genere.

Il testo, preparato dal Technical Education Department della National Cash Register Co., dedica molto spazio ai problemi che il tecnico incontra lavorando *on line*, ed in particolar modo a quelli connessi con la ricerca dei guasti o del miglioramento della trasmissione. Esso costituisce inoltre un valido aiuto alla comprensione generale delle tecniche di comunicazione e si rivolge sia agli studenti che desiderano specializzarsi in telecomunicazioni, sia a quei tecnici che desiderano una visione più generale dei problemi connessi alle trasmissioni, sia infine agli autodidatti che, pur non avendo molte conoscenze di ordine matematico, vogliono apprendere i concetti e le tecniche di base delle comunicazioni.

Gli argomenti sviluppati riguardano la trasmissione dei segnali audio, delle immagini, dei segnali digitali da telescrivente e da computer. Di seguito sono sviluppate le tecniche di trasmissione (modulazione d'ampiezza, di frequenza, a banda laterale singola, a spostamento di frequenza) e di multiplexing.

Vengono poi analizzati i parametri caratteristici delle linee di trasmissione (resistenza, reattanza, impedenza), e le loro misure, i problemi specifici della trasmissione (attenuazione, rumore, diafonia, eco, riflessione, ritardo) e di circuiti atti a correggerli (amplificatori, adattatori, filtri, equalizzatori, soppressori d'eco, compensatori). Dopo aver descritto come interpretare le specifiche dei circuiti, un intero capitolo è dedicato ai MODEM.

A conferma dell'intendimento didattico di questo libro, ogni capitolo si chiude con una serie di domande atte a verificare il livello di comprensione raggiunto sugli argomenti trattati. Il testo è corredato di un'appendice sui codici, tavole, formule e grafici di uso corrente nelle applicazioni, e di un ampio glossario dei termini più in uso in questo campo.

MICROLEM divisione didattica

# SOMMARIO

## CAPITOLO 1

### **COMUNICAZIONI VERBALI E VISIVE** **1**

Processi di comunicazione verbale - Processi di comunicazione visiva - Sommario

## CAPITOLO 2

### **I COMPUTERS E LE COMUNICAZIONI** **7**

Semplici computers meccanici - Computers elettronici - Comunicazioni con il computer - Sommario

## CAPITOLO 3

### **SISTEMI TELEFONICI** **13**

Sistemi telefonici diretti - Sistemi a commutazione - Società telefoniche e regolamenti - Sommario

## CAPITOLO 4

### **TERMINALI DEI CIRCUITI E MODI DI FUNZIONAMENTO** **19**

Circuiti per comunicazioni - Modi di funzionamento - Terminazioni bilanciate e non bilanciate - Linee riservate - Sommario

## CAPITOLO 5

### **SEGNALI CONVENZIONALI DI COMUNICAZIONE** **25**

Caratteristiche della voce - Banda passante e larghezza di banda - Trasmissione vocale - Trasmissione di telefoto - Trasmissione con telescrivente - Trasmissione di dati - Velocità di trasmissione - Sommario

## CAPITOLO 6

### **METODI E TECNICHE DI MODULAZIONE**

**37**

Portanti e modulazione - Modulazione d'ampiezza -  
Modulazione di frequenza - Banda laterale singola -  
Manipolazione e spostamento di frequenza - Tecnici  
EDP e problemi di trasmissione - Sommario

## CAPITOLO 7

### **SISTEMI PER PORTANTI FONDAMENTALI**

**53**

Multiplex a divisione di tempo - Multiplex a divisione  
di frequenza - Gruppi, supergruppi e mastergruppi  
(Gruppi principali) - Sistemi impieganti la rete pub-  
blica di commutazione - Sommario

## CAPITOLO 8

### **CARATTERISTICHE FONDAMENTALI DI UNA LINEA DI TRASMISSIONE**

**63**

Resistenza - Reattanza - Impedenza - Adattamento  
dell'impedenza - Sommario

## CAPITOLO 9

### **IL DECIBEL, UN RAPPORTO DI POTENZE**

**73**

Bels - Notazione logaritmica - Determinazione del  
logaritmo di un numero - Studi di situazioni coi  
decibel - Sommario

## CAPITOLO 10

### **PANORAMICA SUI PROBLEMI DI TRASMISSIONE**

**85**

Attenuazione - Rumore - Diafonia - Echi e riflessioni  
- Ritardo - Altri problemi di trasmissione - Sommario

## CAPITOLO 11

### **ELEMENTI CORRETTIVI NEI CIRCUITI TELEFONICI** ..... **107**

Amplificatori - Dispositivi adattatori d'impedenza -  
Filtri - Equalizzatori - Soppressori d'eco - Com-  
panders - Sommario

## CAPITOLO 12

### **SPECIFICHE DEI CIRCUITI ..... 123**

Scelta di un servizio - Designazioni del circuito -  
Caratteristiche generali - Caratteristiche d'attenua-  
zione - Caratteristiche di ritardo - Caratteristiche di  
rumore - Sommario

## CAPITOLO 13

### **MODEMS NELLA TRASMISSIONE DEI DATI ..... 133**

Caratteristiche del modem tipico - Modi di funziona-  
mento - Canale inverso - Testing e ricerca guasti nei  
modems - Sommario

### **ESAME FINALE DEL CORSO DI ELEMENTI DI TRASMISSIONE DEI DATI ..... 146**

## APPENDICE I

### **DATI DI RIFERIMENTO ..... 149**

Tabella del codice USASCII e abbreviazioni - Diame-  
tro dei fili - Logaritmi comuni - Tabella di conversio-  
ne rapida DBM- Collegamenti d'interfaccia standard  
- Alfabeto internazionale per telescrivente N. 2 (Co-  
dice Baudot) - Diagramma di conversione rapida da  
rapporto A - DB - Formule di richiamo

## APPENDICE II

### **GLOSSARIO DI TERMINI PER COMUNICAZIONI EDP ..... 159**

## APPENDICE III

### **RISPOSTE AI QUESITI ..... 173**



## CAPITOLO 1

# COMUNICAZIONI VERBALI E VISIVE

Le prime comunicazioni tra i membri della razza umana avvennero sotto forma di gesti, di cambiamento dell'espressioni del viso e di suoni fondamentali. Passando il tempo, l'uomo s'accorse che quelle forme d'espressione erano inadeguate per esprimersi. Poiché il numero dei gesti e le espressioni del viso erano limitate, elaborò delle modifiche ai suoni fondamentali per trasmettere le sue idee, i suoi sentimenti e i suoi pensieri. Sebbene in forma primitiva, era stato inventato il vocabolario.

Negli anni che seguirono il vocabolario dell'uomo s'ingrandì. Si aggiunsero nuove parole per descrivere oggetti ed eventi del loro ambiente. L'uomo cominciò a comunicare sempre più con la parola che con altre forme di comunicazione. I linguaggi che si usano oggi sono un'espansione e una specializzazione dei vocabolari fondamentali e questi linguaggi vengono modificati quasi giornalmente. La comunicazione verbale è ancora uno dei mezzi più importanti usati dall'uomo per trasmettere l'informazione.

Le comunicazioni tra le persone coinvolgono sempre uno o più sensi. La comunicazione a voce non è possibile senza il senso dell'udito. Un altro senso, la vista, è ugualmente importante per comunicare in una forma diversa. Le idee e le informazioni sono, per mezzo della vista, convogliate in comunicazioni visive.

Con l'invenzione del vocabolario si cominciò a registrare la storia. L'informazione si tramanda verbalmente di generazione in generazione. Un significativo passo avanti si ebbe quando l'uomo trovò il modo di memorizzare l'informazione per un lungo tempo.

Cominciò a lasciare segni ed immagini che rappresentavano l'informazione. Con questa invenzione si estese la capacità dell'uomo di comunicare. Combinò insieme i processi di comunicazione verbale e visiva. Poté raccogliere l'informazione in grandi volumi e con maggior precisione di prima. Iniziata una comunicazione, essa era soggetta all'interpretazione di molta gente per un lungo periodo. In più, l'uomo poté comunicare tra distanze più grandi poiché le immagini e le informazioni scritte potevano essere trasportate da un punto all'altro. I geroglifici usati dai primi uomini divennero probabilmente gli alfabeti che si usano oggi.

Per migliaia di anni, gli uomini comunicarono tra di loro, limitati nel tempo e nella distanza dai loro sensi. Poi l'invenzione dell'alfabeto permise loro di annotare le informazioni verbali in forma scritta e di trasmetterle a distanza più grande. Questo processo di comunicazione era ancora molto lento, e le informazioni scritte pervenivano solo a pochi intellettuali. Poi venne la stampa e seguì un forte incremento del flusso delle informazioni.

In tutta la storia del progresso, è probabile che i cambiamenti più significativi si sono avuti negli ultimi cento anni. L'uomo ha scoperto l'elettricità e ha cominciato ad usarla. Quando Alexander Graham Bell parlò col primo telefono disse: "Mr. Watson, vieni qui - Ti voglio". I dispositivi elettronici ed elettrici superano le limitazioni della vista, dell'udito, del tempo e della distanza. Ora l'uomo può scrivere un telegramma nel Western Union Office di New York e in poche ore esso è consegnato in India. La sua antenna televisiva capta, come una mano gigante, i segnali dal cielo sì che egli può vedere un evento in qualche posto lontano.

Un uomo in un viaggio d'affari può prendere il telefono e chiamare sua moglie. Può discutere su un programma televisivo che sta guardando e che ha origine nella sua città. È possibile che lo stesso segnale televisivo che vede e i segnali che stamperanno le previsioni del tempo sul suo giornale della sera, siano trasferiti nella stessa direzione e attraverso gli stessi cavi che portano la sua conversazione. In effetti un circuito telefonico è in grado di trasmettere molte chiamate simultanee, ognuna con una propria destinazione, mantenendone l'identità.

La scrittura, la stampa, il telefono, e la grande varietà di mezzi di comunicazione attuali si sono tutti sviluppati a causa dei limiti delle forme fondamentali di comunicazioni visive e verbali. Le comunicazioni vocali sono limitate dal fatto che il suono si attenua in funzione della distanza. Chi ascolta deve essere entro una certa distanza dallo speaker per udire e capire le parole. Inoltre deve avere una certa idea di quello che il gruppo di suoni rappresenta.

## **PROCESSI DI COMUNICAZIONE VERBALE**

Ci sono molti passi essenziali nel processo di comunicazioni vocali. Il primo è la formulazione dell'idea o del pensiero che originerà il messaggio. Normalmente esso è il risultato di una riflessione, ma può anche essere prodotto spontaneamente. Un uomo deve pensare di essere affamato prima di chiedere a sua moglie di preparare il pasto. Ma la persona che senza volerlo si siede su un cuscinetto di spilli può proferire una intera serie di suoni, coerenti o no, senza alcuna riflessione.

Il secondo passo del processo delle comunicazioni verbali si ha quando vengono generati i suoni che rappresentano l'idea. Nel caso dell'uomo affamato, si può avere la frase: "Voglio del cibo". I suoni che compongono la frase sono prodotti controllando l'esalazione attraverso le corde vocali, sì da farle vibrare. Queste vibrazioni danno origine al gruppo di parole che costituiscono l'equivalente verbale dell'informazione o del contenuto del messaggio. Ciò presuppone la formulazione e la generazione del messaggio.

Il terzo passo del processo di comunicazione è la trasmissione dell'informazione da un punto ad un altro. La trasmissione dell'informazione si verifica in due tempi. Inizialmente quando sono prodotti i suoni, si modula (varia o vibra) la pressione dell'aria in un punto. Il secondo tempo della trasmissione del suono è il trasferimento a distanza della variazione di pressione. C'è un'area centrale tra i punti (di trasmissione e ricezione) che è responsabile del trasferimento fisico dell'informazione. Questa entità, senza riguardo alla sua struttura fisica, è chiamata mezzo di trasmissione. Il mezzo di trasmissione del suono è normalmente l'aria; le vibrazioni meccaniche delle molecole dell'aria determinano il muoversi dei suoni da un punto ad un altro.

È importante notare che il mezzo di trasmissione può esserci anche se non c'è il suono, e che non è in alcun modo legato al contenuto del messaggio. L'informazione sarà in una forma (in questo caso variazioni della pressione dell'aria) che provoca corrispondenti variazioni nel mezzo di trasmissione.

La trasmissione di un messaggio non vuol dire che la comunicazione è completa. Considerate un uomo che annega, che chiede aiuto. Egli ha formulato, generato e trasmesso un messaggio. È presente il mezzo di trasmissione e il suo messaggio viene inviato in tutte le direzioni a una certa distanza. Però, l'uomo non comunica finché qualcuno non riceve il messaggio. Il quarto passo del processo di comunicazione si ha quando un ricevitore, persona o cosa, riceve l'informazione dal mezzo di trasmissione e la converte in forma utile. Nel caso di comunicazioni vocali, il ricevitore è l'orecchio umano. L'orecchio riceve le vibrazioni meccaniche dell'atmosfera e le converte in impulsi nervosi che vanno al cervello.

Il passo finale nel processo di comunicazione è l'interpretazione del messaggio. A questo punto diviene nuovamente importante il contenuto del messaggio. Nelle comunicazioni vocali si ha l'interpretazione del messaggio quando il cervello di chi riceve raggiunge la prefissata immagine mentale, o riconosce l'intenzione del messaggio.

Il messaggio è prima formulato, poi generato. La trasmissione comprende la modulazione del mezzo di trasmissione e il trasferimento fisico dell'informazione da un punto all'altro. La comunicazione è completa quando il messaggio è stato ricevuto ed interpretato. La Figura 1-1 mostra il processo di comunicazione vocale. Sono questi i passi necessari in un processo di comunicazioni verbali. Essi si applicano ugualmente bene alle altre forme di comunicazioni.

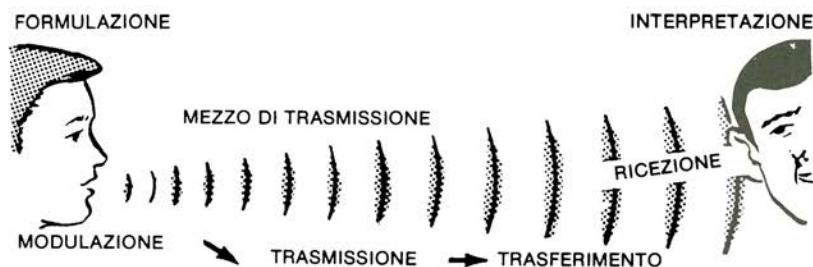


Figura 1-1. Processo di comunicazione vocale

Ogni messaggio può essere intercettato nel trasmettitore, nel ricevitore o in ogni punto del mezzo di trasmissione e possono essere identificati e definiti i più basilari elementi del messaggio. Considerati da soli, tali elementi non hanno necessariamente un significato, ma contribuiscono al significato del messaggio nel suo insieme. Nell'esempio precedente, il testo del messaggio era "Io voglio del cibo". Se le parole sono separate, ognuna di esse considerata da sola non porta l'impressione desiderata. Per il messaggio sono necessarie tutte le parole.

Nella prima parte del messaggio, la parola "Io", può essere ulteriormente separata in due parti fondamentali. Le parole sono composte di suoni puri e di suoni com-

plexi. "Io" è un suono complesso, composta dai suoni puri "i" e "o". Pronunciati insieme, "i-o" diventano la parola "io". I suoni puri possono essere ancora divisi, e le parti più piccole possono essere descritte in termini di tempo (frequenza), ampiezza (volume), e contenuto armonico (multipli della frequenza fondamentale). È ovvio che i messaggi sono composti di elementi piccoli e finiti. Spesso si ha qualche distorsione di questi elementi. Può diventare impossibile l'interpretazione corretta del messaggio se, per qualche ragione, il suo contenuto è mutato o distorto nel trasmettitore, nel ricevitore o nel mezzo di trasmissione. La distorsione non è troppo importante nelle comunicazioni vocali. Per esempio, supponiamo che la parola "io" sia tolta dal messaggio "io voglio del cibo" (la perdita di una parte del messaggio è una forma di distorsione). La persona che riceve probabilmente reinterpreterà "io" nel messaggio. Ma questo solo perché il suo cervello è capace di valutare le circostanze che conducono alla generazione di quel particolare messaggio.

## **PROCESSI DI COMUNICAZIONE VISIVA**

Le comunicazioni visive fondamentali sono simili. Supponete, per esempio, che due cacciatori stiano facendo una gara. Uno di essi muove il braccio indicando all'altro di avanzare. Quando il secondo uomo comprende l'intento del movimento, reagisce di conseguenza.

Il messaggio è formulato nella mente del primo uomo. Il messaggio viene generato quando l'uomo muove il braccio come segnale. Quando colpisce un oggetto la luce viene riflessa. La luce riflessa viene modulata in intensità e colore secondo la struttura fisica dell'oggetto ed è riflessa nello spazio. Lo spazio è il mezzo di trasmissione. Se l'oggetto è in movimento, la modulazione dei raggi di luce cambia in riferimento a questo movimento e l'informazione è ritrasmessa al ricevitore. La comunicazione è completa quando gli occhi della seconda persona ricevono le riflessioni e la sua mente percepisce ed interpreta il movimento.

Anche le comunicazioni visive comprendono la formulazione, la generazione, la modulazione, la trasmissione, la ricezione e l'interpretazione di un messaggio. Ma alcuni di questi elementi sono diversi. Il mezzo di trasmissione è lo spazio invece dell'aria. Il metodo di modulazione e l'apparato ricevente sono diversi.

Come prima, la comunicazione può essere spezzata in piccoli elementi che possono essere analizzati singolarmente. L'immagine visiva è in ogni istante composta da milioni di raggi di luce riflessa. Ciascuno di essi contiene l'informazione sull'oggetto sotto forma di differenze d'intensità e di lunghezza d'onda. È importante notare che la comunicazione ha significato pieno solo se considerata nel suo insieme. Ogni elemento di essa, un singolo raggio di luce ad esempio, contribuisce al significato dell'immagine visiva, ma non contiene informazioni sufficienti per trasmettere l'intero messaggio.

## **SOMMARIO**

Tutti gli esempi di comunicazione hanno molte cose in comune. In ognuno di essi c'è un messaggio o un'informazione che è trasferita da un punto ad un altro. C'è una sorgente generatrice o trasmettitore che genera il messaggio ed un ricevitore che ri-

ceve l'informazione e la converte in una forma comprensibile. Normalmente l'informazione cambia forma nel passare attraverso il mezzo di trasmissione.

È difficile definire brevemente la parola "comunicare", che si applica in tutti i casi. Se i piccoli elementi di ogni messaggio si considerano come segnali intelligenti, la comunicazione è il trasferimento da un punto ad un altro di segnali intelligenti, comprendendo l'interpretazione di tali segnali in una forma che solleciti sia la risposta che l'apprendimento.

Rigorosamente parlando, l'uso di ogni senso dell'uomo è una forma di comunicazione. Il cervello dell'uomo riceve una serie continua di messaggi sul suo ambiente e reagisce secondo l'interpretazione di questi messaggi. La definizione di "comunicare" è, però, una esemplificazione, poiché non specifica la preformulazione dell'informazione. Nelle complesse situazioni umane la preformulazione di un messaggio è il prerequisito del comunicare.

Fin dai tempi remoti l'uomo ha accresciuto la sua capacità di comunicazione. Ha sviluppato i mezzi di comunicazione vocale e visiva, li ha ampliati e raffinati al punto da poter comunicare le idee meglio, più velocemente e più chiaramente di prima. Il linguaggio, il vocabolario e le forme scritte di comunicazione sono oggi ancora migliorate. Questo si ha per l'evoluzione dei sistemi di comunicazione globale. Un sistema di comunicazione globale è la rete di comunicazione telefonica.

## QUESITI

Le risposte ai seguenti quesiti sono elencate nell'Appendice III.

1. Quali sono i due sensi fondamentali più usati nelle comunicazioni tra le persone?
2. Quali fattori relativi alle comunicazioni tra le persone hanno contribuito alla invenzione e crescita dei moderni sistemi di comunicazione?
3. Elencate la sequenza di eventi che formano una comunicazione.
4. I messaggi sono costituiti di \_\_\_\_\_ fondamentali che possono essere identificati e definiti.
5. Definire brevemente la parola "comunicare".



## CAPITOLO 2

# I COMPUTERS E LE COMUNICAZIONI

I sistemi di comunicazione globale sviluppati nel mondo moderno industriale influenzano direttamente il futuro di ognuno. Le comunicazioni globali comprendono frequentemente il computer e i sistemi telefonici. L'uso da parte del computer del sistema telefonico risale all'inizio del 1950 e da allora è aumentata la frequenza e la quantità dell'uso del sistema telefonico con i computer.

### SEMPLICI COMPUTERS MECCANICI

Ogni persona possiede un contatore a 5 unità (le dita) all'estremità delle braccia. Per calcolare la somma di tre oggetti e cinque oggetti, l'uomo contava semplicemente tre unità, le memorizzava, ne contava cinque, memorizzava anch'esse e contava (uno alla volta) per trovare la somma.

Da allora il processo non è molto cambiato. Sono stati sviluppati sistemi di numerazione per aumentare il numero di "unità" disponibili ed inventati dispositivi meccanici, come l'abaco, per aumentare la capacità di memorizzazione.

Probabilmente l'abaco è nato in Cina intorno al 600 A.C.. È un telaio rettangolare con un certo numero di fili o steli paralleli montati tra due dei lati. Su ciascuno stelo ci sono delle palline, rappresentanti ognuna una unità, sistemate in modo da poter essere mosse singolarmente o in gruppo lungo lo stelo. Ciascuna colonna di palline rappresenta una cifra significativa o una posizione decimale, aumentando in valore da destra a sinistra.

Un abaco è rappresentato nella figura 2-1. Una persona che usa l'abaco si serve delle dita per muovere indietro e avanti sugli steli le palline. Ciascun movimento rappresenta un singolo passo nell'esecuzione di un'operazione matematica.

Supponete che l'operatore voglia addizionare i numeri 12 e 11. Per prima cosa registra o "memorizza" un numero (12) spostando in una posizione diversa due palline nella colonna di destra ed una pallina nella colonna vicina. Il numero 12 è memorizzato. Per aggiungere 11, sposta una pallina in più in ognuna delle due colonne nella direzione di prima, e memorizza anche il numero undici. In questo modo si arriva alla somma contando il numero totale di palline spostate in ciascuna colonna e assegnando il giusto valore decimale. Nella seconda colonna sono state registrate due palline (ciò indica che la somma è venti o più di venti) e nella colonna più vicina a destra ne sono state registrate tre (il che significa che la somma è tre oltre venti o ventitre). Il procedimento semplicemente è di memorizzare ogni sequenza di cifre di un numero spostando le palline nelle colonne appropriate e leggendo la somma diret-

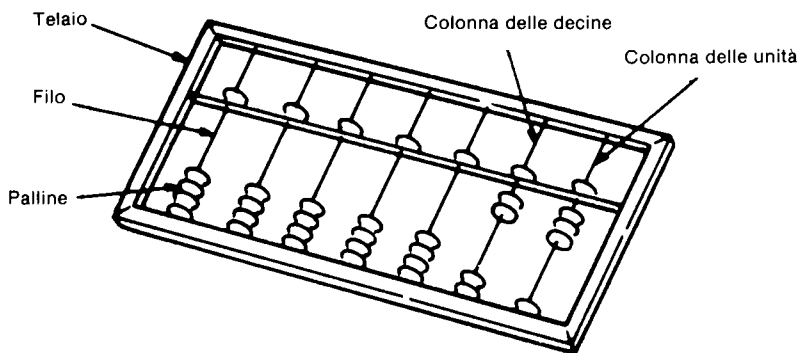


Figura 2-1. Abaco

tamente sull'abaco. Poiché il numero di posizioni decimali può essere aumentato aggiungendo più colonne di palline, si possono fare calcoli, su numeri più grandi, più velocemente, con minore possibilità di sbagliare che non facendoli a mano o mentalmente.

## COMPUTERS ELETTRONICI

Con l'avvento e la crescita dell'elettronica nell'industria si è dato all'uomo uno strumento che ha illimitate capacità di memoria ed esegue i calcoli più velocemente che mai. Sono possibili milioni di calcoli in un secondo. Questo strumento è il computer elettronico digitale.

Il computer digitale è come un enorme abaco. La memoria o area di immagazzinamento dei dati di un computer è come l'insieme telaio-palline dell'abaco; entrambi contengono "slots" o "posizioni" dove le cifre possono essere registrate. Altre aree del computer rifanno i meccanismi del pensiero di una persona che opera i calcoli su un abaco.

Il computer è chiamato unità centrale di elaborazione (CPU). La figura 2-2 mostra che nella CPU ci sono tre sezioni o aree funzionali: una sezione di controllo, una unità logico-aritmetica (ALU) e una memoria.

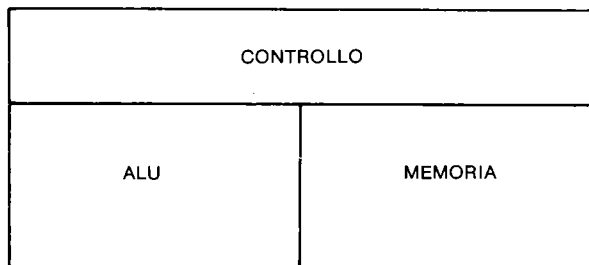


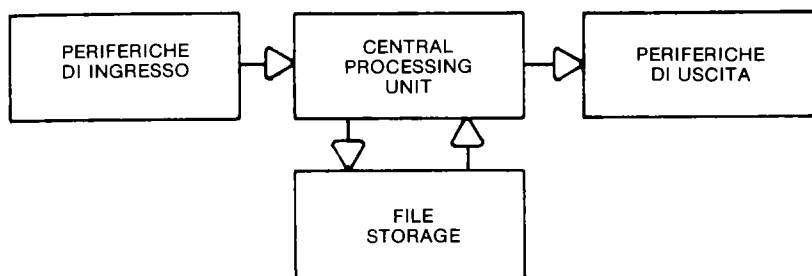
Figura 2-2. Diagramma a blocchi di un'unità di elaborazione centrale



I calcoli sono eseguiti in modo simile a quelli di una persona che lavora con l'abaco. Su comando della sezione di controllo, viene richiamata una configurazione di cifre dalla memoria e trasferite alla ALU. Un altro comando richiama una configurazione di cifre diverse dalla memoria e la trasferisce nella ALU. Un terzo comando dirige l'ALU per farle eseguire un'operazione (addizione o sottrazione). Un comando finale della sezione di controllo trasferisce il risultato in una posizione in memoria dove è disponibile per un ulteriore richiamo. Il calcolo è completo. Le dita elettroniche hanno agito sulle palline della memoria attraverso un calcolo numerico sotto la direzione logica della sezione di controllo.

Le CPU sono inutili senza qualche sistema di conversione dell'informazione in una forma che possa essere memorizzata ed usata dalla macchina, e anche di conversione dei risultati in una forma che possa essere capita dagli uomini. Inoltre è conveniente avere un'area "file storage" (memoria del file) di dati leggibili del computer.

Il file storage è la parte più grande della memoria della CPU ed è a registrazione permanente. I dispositivi che realizzano queste funzioni sono esterne alla CPU e sono chiamati "terminali" o "periferiche". La figura 2-3 fa vedere come sono collegati i terminali all'elaboratore.



*Figura 2-3. Elementi funzionali di un elaboratore*

Alcuni esempi di terminali di ingresso sono il perforatore di scheda o il lettore di nastro di carta, la tastiera della telescrivente o il lettore di nastro magnetico. I terminali d'uscita comprendono telescriventi, stampati e display video. La memoria d'archivio è normalmente accoppiata a registratori magnetici che funzionano con lo stesso principio dei normali registratori.

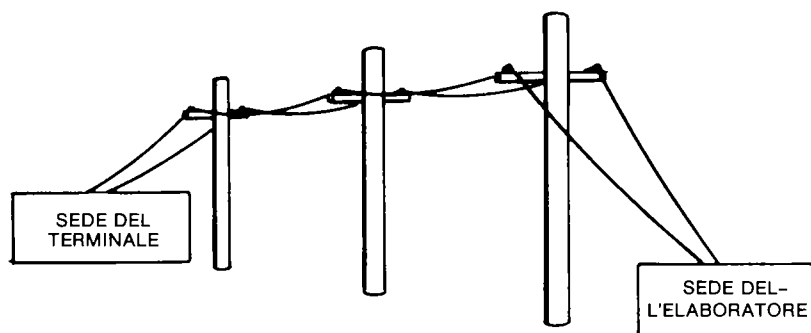
Tali registratori generalmente comprendono unità a disco, CRAM (memoria a schede ad accesso casuale) o nastri magnetici.

## **COMUNICAZIONI CON IL COMPUTER**

Nei primi computers, le periferiche e l'elaboratore erano sistemati vicini tra di loro in una stessa stanza. Le informazioni per il funzionamento erano normalmente preparate in un altro posto e venivano portate a mano nella stanza del computer. Questo procedimento costituiva una perdita di tempo, se paragonato alle velocità con cui funzionavano i computers, e non offriva un immediato accesso ai risultati.

Per collegare le unità tra di loro nella stanza del computer si usavano linee elettriche o cavi corti. Si diceva che i terminali collegati in questo modo e funzionanti sotto il controllo diretto della CPU, funzionavano "online". Le operazioni che non coinvolgevano l'elaboratore, come la stampa, la lettura delle schede perforate, la lettura del nastro di carta, la perforazione delle schede o nastri, furono considerate operazioni "offline".

In seguito il significato di "online" è cambiato. Attualmente il termine significa che i terminali sono collegati alla CPU attraverso lunghe linee di trasmissione con possibile trasmissione in "real-time" (in tempo reale) (fig. 2-4). Quando conversano con l'elaboratore, le periferiche sono "online" e quando eseguono operazioni, che non richiedono il collegamento con l'elaboratore, sono "offline".



*Figura 2-4. Schematizzazione del concetto di "online"*

Naturalmente ci sono ancora centri di calcolo o di elaborazione dove un certo numero di terminali di input, di output e di file-storage devono essere collocati nello stesso posto. Però il vantaggio maggiore dell'attuale funzionamento online è questo: terminali di input e di output possono essere sistemati in località lontane alcune miglia dal centro di calcolo e avere ugualmente accesso istantaneo al centro ed ai storage-files. Un manager, seduto alla sua scrivania, può servirsi di un terminale per cercare un'informazione memorizzata in files magnetici, oppure per dare le istruzioni all'elaboratore per l'esecuzione di calcoli, e avere subito i risultati.

Alla fine di una giornata le filiali di una banca possono inviare all'elaboratore centrale, per mezzo di linee telefoniche, una lista completa delle operazioni del giorno, e in pochi minuti i riscontri, i resoconti e le registrazioni sono verificati, pesati e disponibili. In più è disponibile una completa registrazione sul file storage, per l'annotazione mensile, e sono stampati i resoconti per lo studio e i riferimenti.

Le macchine commerciali - terminali ed elaboratori - "parlano" tra di loro? "Comunicano"? Le macchine probabilmente comunicano tra di loro, se la risposta prevista o un segnale d'informazione completa una comunicazione. Inoltre le macchine usano i circuiti di trasmissione quando i dati dell'elaboratore vengono trasferiti attraverso le linee telefoniche che originariamente erano destinate alle comunicazioni vocali.

## **SOMMARIO**

Sebbene il computer digitale assomigli ad un abaco nella sua linea fondamentale, è molto più complicato. È poco pratico installare grandi e complicati computers digitali in ogni luogo dove si ha bisogno di elaborare dati. Per questa ragione presso gli utilizzatori vengono installati i terminali per comunicare attraverso i circuiti telefonici con grossi computers situati in località centrali rispetto a tutti gli utilizzatori.

## **QUESITI**

Le risposte ai quesiti che seguono sono elencate nell'Appendice III.

1. Elencate le sezioni funzionali o aree della CPU.
2. Elencate gli elementi funzionali di un computer.
3. Cosa vuol dire sistema "Online real-time?"
4. Perché il funzionamento online è vantaggioso rispetto a quello offline?



## CAPITOLO 3

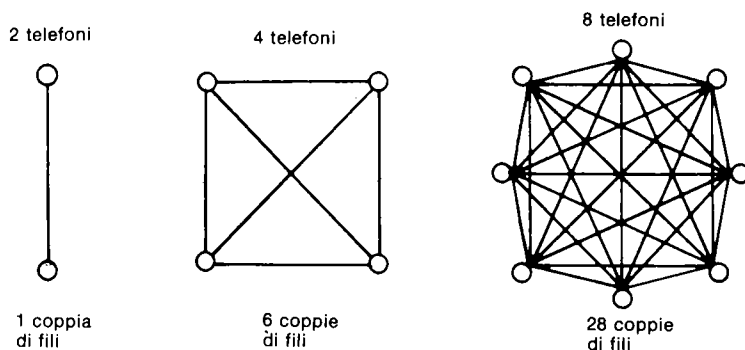
# SISTEMI TELEFONICI

Nel mondo la gente usa il telefono ogni giorno senza conoscere la vastità e la complessità del sistema che usa. Le persone pensano con fiducia che quando fanno una chiamata, si realizza il collegamento quasi immediatamente, indipendentemente dalla distanza o dalla località della persona con cui tentano di entrare in contatto. Ma quali sono gli elementi che formano un sistema telefonico? Come si realizzano i collegamenti? Chi regola il funzionamento della società telefonica?

Dal lontano 1900, il sistema telefonico è cresciuto moltissimo. Nel 1965 c'erano più di 170 milioni di telefoni funzionanti in tutto il mondo. Cinque paesi (USA, Giappone, Inghilterra, Germania e Canada) hanno più del 75% di essi.

### SISTEMI TELEFONICI DIRETTI

Si possono collegare tra loro due telefoni usando una coppia di fili per ogni circuito. La figura 3-1 mostra che per il collegamento di quattro telefoni occorrono sei coppie di fili. Otto telefoni richiedono 28 differenti coppie di fili affinché ognuno si possa collegare con gli altri sette.



*Figura 3-1. Svantaggi della connessione diretta*

Quante coppie di fili si devono usare per collegare 170 milioni di telefoni? È difficile disegnare 170 milioni di coppie di fili collegati a ogni singolo telefono, così da fornire alla persona l'accesso ad ogni altro abbonato nel mondo.

## SISTEMI TELEFONICI A COMMUTAZIONE

All'inizio dello sviluppo dei sistemi telefonici divenne chiaro che era impossibile un approccio del sistema col concetto dell'intercollegamento. Si sviluppò il concetto che ogni abbonato fosse collegato ad un switchboard (pannello di commutazione) o centrale ("central office"). I telefoni degli abbonati, quando non sono usati, sono completamente scollegati dal sistema. Un abbonato, sollevando la cornetta, comunica alla centrale di voler parlare. Compone una serie di numeri che portano gli apparati della centrale ad eccitare alcuni relé o commutatori, che attraverso un labirinto di circuiti ed elementi realizzano il collegamento con un determinato telefono. Questa realizzazione (da non confondere con le linee riservate di cui si parlerà più tardi) si chiama rete pubblica di commutazione.

C'è un limite al numero di abbonati che possono essere serviti da una centrale, anche considerando "party lines" (alcuni abbonati su una stessa linea). Un'unica centrale può servire una cittadina o un'area di campagna, ma non è pratica per città più grandi.

Nelle grosse città si hanno spesso molte centrali degli abbonati. Queste centrali sono separate a secondo degli abbonati e delle località che servono. L'insieme di una centrale, degli apparecchi degli abbonati che essa serve e delle linee d'intercollegamento costituisce una "centrale telefonica". Normalmente tutti gli abbonati di una centrale hanno lo stesso prefisso, cioè hanno uguali le prime due o tre cifre del loro numero telefonico. Le chiamate telefoniche da una centrale all'altra passano per due o più centrali. La figura 3-2 mostra la struttura di una centrale telefonica.

Gli apparati della centrale danno una serie di servizi, comprendenti la ricerca, la chiamata e la selezione di altri telefoni della centrale. Inoltre danno l'accesso ai cir-

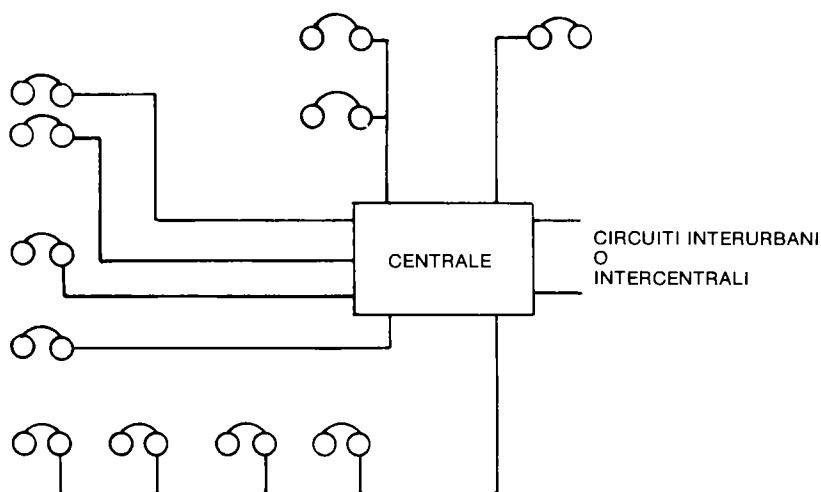
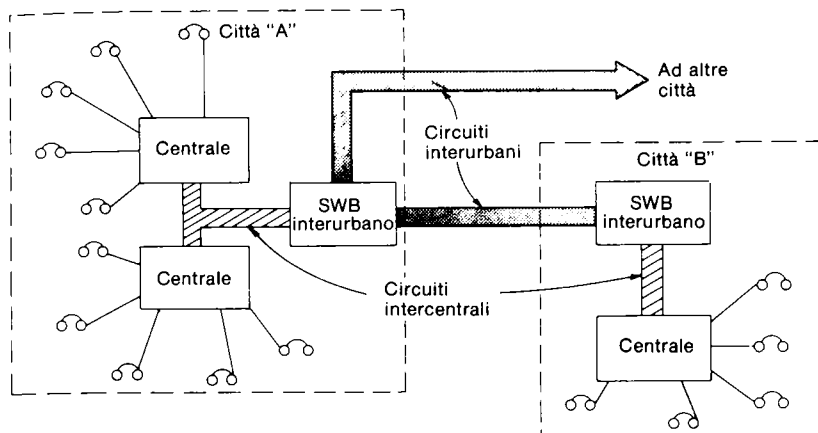


Figura 3-2. Un centralino telefonico

cuiti di collegamento "intercentrali" ed "interurbani", che sono le principali vie di collegamento tra centrali e città. Le chiamate tra una centrale e l'altra di una città sono incanalate su circuiti di collegamento intercentrali, e da una città a località lontane su circuiti interurbani.

La figura 3-3 mostra lo schema tipico di una chiamata a lunga distanza.



*Figura 3-3. Centralino a sistema interurbano*

Un abbonato della città "A" può chiamare un amico della città "B". Alza la cornetta e compone il numero. La sua centrale lo collega attraverso un circuito intercentrale al pannello dei commutatori (SWB), che lo collega con una delle molte linee alla città "B". Se tutte le linee sono occupate, l'apparato interurbano tenta automaticamente di stabilire il collegamento attraverso un percorso alternativo, forse anche attraverso altre città. Poi gli apparati interurbani della città "B" provvedono che quelli della centrale chiamino il telefono voluto di quella città. La comunicazione comincia quando qualcuno risponde. Le apparecchiature interurbane registrano il numero che chiama, il numero chiamato e il tempo di conversazione e forniscono all'abbonato queste informazioni nella sua bolletta mensile. Quando entrambi gli utenti riattaccano, gli apparati di centrale disconnettono la linea, rendendola disponibile per la prossima chiamata.

Una linea d'abbonato consta probabilmente di cavi aerei o sotterranei. Quando una chiamata lascia la centrale su un tronco di linea intercentrale, in un sistema di trasmissione a microonde o su un cavo a più conduttori, si trova normalmente insieme a molte altre chiamate (la trasmissione a microonde è un tipo di comunicazione radio). A seconda della distanza tra la città chiamante e la città chiamata, la rete interurbana usa i mezzi di trasmissione, che comprendono circuiti, collegamenti a microonde o radio, cavi sottomarini e collegamenti radio via satellite. Il sistema telefonico mondiale usa molti apparati, coinvolge un gran numero di persone e solleva un numero di problemi di notevole interesse.

## **SOCIETA' TELEFONICHE E REGOLAMENTI**

Negli Stati Uniti i telefoni sono sotto la giurisdizione della Federal Communications Commission (FCC). Norme, regolamenti e tariffe sono applicate alle chiamate tra stati in accordo ai regolamenti della FCC. I telefoni di uno stato devono anche soddisfare alle leggi di quello stato.

Negli Stati Uniti le società telefoniche sono private, per cui le tariffe e servizi non sono standardizzati. Però le tariffe e i servizi delle tre società più grandi sono paragonabili. Queste tre società sono l'America Telephone and Telegraph (che comprende 23 compagnie nel Bell System), la Western Union e la General Telephone and Electronics.

I collegamenti internazionali sono regolati da leggi internazionali. Velocità, tariffe e servizi vengono forniti in accordo ai trattati o patti bilaterali tra i governi.

In molti paesi le società telefoniche sono proprietà del governo o sono controllate dal governo. In caso di emergenza nazionale, l'apparato telefonico diviene probabilmente d'uso esclusivo del governo, per fornire una rete di comunicazioni per il coordinamento dell'attività di emergenza.

## **SOMMARIO**

A partire dall'inizio i sistemi telefonici si sono sviluppati secondo complesse operazioni. Ci furono molti problemi che contribuirono alla attuale struttura delle reti e società telefoniche. Forse il risultato più significativo di questi problemi è stato il concetto di funzionamento a commutazione che permette a molti abbonati di usare comuni servizi sulla base del time-sharing.

Le centrali si sono sviluppate come centri di commutazione e ognuna serve un certo numero di abbonati. L'insieme di una centrale, dei telefoni, degli abbonati e delle linee d'interconnessione costituisce una centrale telefonica. Le centrali nelle aree urbane sono collegate tra di loro, attraverso circuiti intercentrali, e a località lontane, attraverso reti e circuiti interurbani. I circuiti interurbani sono vie di comunicazione che hanno la capacità di trasferire molte conversazioni simultanee.

La rapida espansione dell'industria telefonica, la sua utilizzazione per scopi militari, i problemi inerenti ai sistemi di intercollegamento all'interno e tra le nazioni hanno portato ad un controllo governativo. Tariffe, servizi e standard di qualità variano molto, ma ciò si fa generalmente nell'interesse dell'abbonato.



## **QUESITI**

Le risposte ai seguenti quesiti sono elencate nell'Appendice III.

1. Chi è un abbonato telefonico?
2. Qual'è il vantaggio dell'approccio "a commutazione" per il funzionamento del circuito telefonico?
3. Cosa comprende una centrale telefonica?
4. Elencate quattro operazioni che la centrale effettua per l'abbonato.
5. Quali mezzi di trasmissione sono possibili nei circuiti telefonici a lunga distanza?
6. Cos'è un circuito per comunicazioni interurbane?



## CAPITOLO 4

# TERMINALI DEI CIRCUITI E MODI DI FUNZIONAMENTO

Esiste un certo numero di fattori relativi al collegamento e al funzionamento dei circuiti telefonici che un tecnico EDP deve sapere. Egli collega degli apparecchi ai circuiti telefonici e localizza i guasti dei sistemi già funzionanti. La sua efficienza aumenta in proporzione diretta alla sua conoscenza e comprensione del funzionamento del circuito.

Ci sono molti tipi diversi di terminazioni circuitali messi a disposizione delle società telefoniche. Il tipo di terminale usato è funzione delle richieste di comunicazione del cliente e dei modi di funzionamento necessari. In generale i terminali del circuito telefonico nella rete di commutazione pubblica sono simili, ma le macchine commerciali usano spesso circuiti telefonici che non fanno parte della rete pubblica di commutazione. Il tipo di terminale e le caratteristiche di questi circuiti variano moltissimo.

### CIRCUITI PER COMUNICAZIONI

Un circuito è un anello chiuso attraverso il quale fluisce la corrente. La differenza tra un semplice circuito elettrico e un circuito per comunicazioni è che quest'ultimo è una via attraverso cui viene trasferito un segnale di comunicazione. Un circuito per comunicazioni telefoniche comprende le linee degli abbonati, gli apparati di centrale, quelli interurbani e il mezzo di trasmissione proprio del circuito che si considera. Ogni apparato usato per collegare due abbonati fra di loro fa parte del circuito. Un circuito per comunicazioni non è un semplice circuito elettrico in quanto è composto da molte piccole parti che costituiscono il canale delle comunicazioni.

Un circuito di comunicazione può essere considerato un semplice circuito elettrico per spiegare le terminazioni e i modi di funzionamento. Un circuito telefonico è collegato ad ogni estremità ad un abbonato. Ogni abbonato deve essere in qualche modo elettricamente collegato al circuito. Se tutti gli elementi del mezzo di trasmissione sono combinati in un insieme, il circuito telefonico diventa una coppia di fili con all'estremità collegati gli apparecchi d'abbonato. La società telefonica deve portare a ciascun abbonato almeno due fili. Questa si chiama terminazione a 2 fili.

## MODI DI FUNZIONAMENTO

Ci sono molti tipi di comunicazione che usano una coppia di fili. I segnali delle informazioni, con una eccezione importante (il canale inverso di cui si parlerà in seguito), sono trasferiti in una sola direzione alla volta. Se lo scopo della comunicazione è di trasmettere comunicazioni in una sola direzione (riferitevi alla figura 4-1), il modo di funzionamento è detto "simplex". Se però una certa comunicazione è trasferita attraverso il circuito in una direzione e poi si riceve una risposta nella direzione opposta, il modo di funzionamento è detto "half duplex".

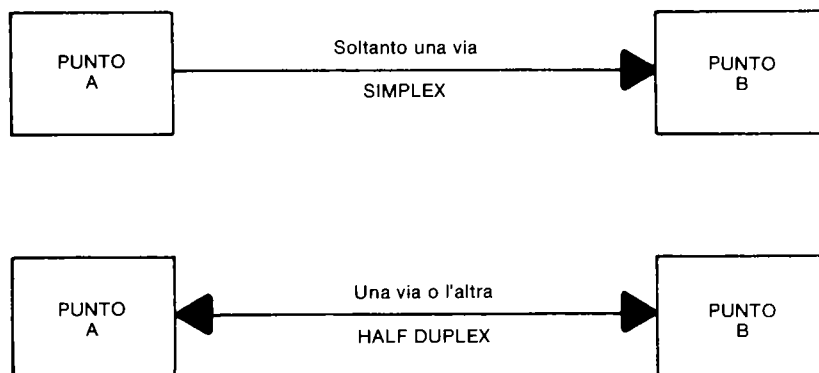


Figura 4-1. Modi di funzionamento di un circuito a 2 fili

Un terzo modo di funzionamento, illustrato nella figura 4-2 è detto "full duplex". Esso fa uso di terminazioni a 4 fili, cioè ci sono quattro fili che giungono a ciascun abbonato. Una coppia di fili viene usata per la trasmissione e una coppia per la ricezione. Quando un circuito a 4 fili funziona in "full duplex", le comunicazioni passano nel circuito in entrambe le direzioni contemporaneamente, ognuna attraverso un circuito separato a 2 fili o canale.

La maggior parte delle macchine commerciali funziona in half-duplex attraverso un circuito a 2 fili. Tuttavia possono *funzionare in half duplex con 4 fili o full-duplex*. In questo caso i segnali sono ancora trasmessi in una sola direzione alla volta. La sola differenza tra questo modo e il funzionamento half-duplex a 2 fili è che i segnali in entrambe le direzioni seguono strade diverse (una coppia di fili diversa per ciascuna direzione).

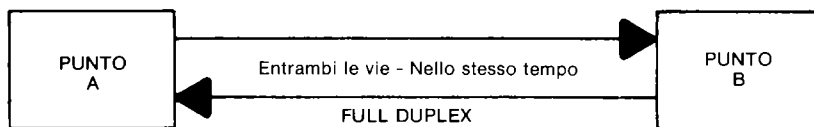


Figura 4-2. Modo di funzionamento full-duplex

## TERMINAZIONI BILANCIATE E NON BILANCIATE

Un'altra importante considerazione relativa alla terminazione è se i circuiti sono "bilanciati" o "non bilanciati". Quando la società telefonica fornisce terminazioni sbilanciate, uno dei fili della linea d'abbonato è collegato a terra in centrale ed è considerato a 0V. Il segnale è applicato normalmente all'altro filo, come mostrato nella figura 4-3.

La terminazione bilanciata differisce per il fatto che, come mostrato in figura 4-3, nessuno dei fili dell'abbonato è collegato a terra in centrale. Però il circuito viene collegato in modo che il *centro* elettrico di esso sia riferito a massa.

Nessuno dei fili è considerato a zero Volt. Quando si usa la linea sono presenti tensione e corrente del segnale su entrambi i fili. Queste tensioni e correnti sono di ampiezza uguale ma di fase opposta tra di loro, rispetto alla massa della centrale.

Gli abbonati che usano i circuiti della rete pubblica di commutazione sono normalmente dotati di terminazioni sbilanciate a due fili. Uno dei fili è a massa in centrale. Un alimentatore in centrale fornisce normalmente 48 Volt di tensione continua all'altro filo.

Questa tensione continua fornisce le correnti di chiamata e di trasmissione nel circuito.

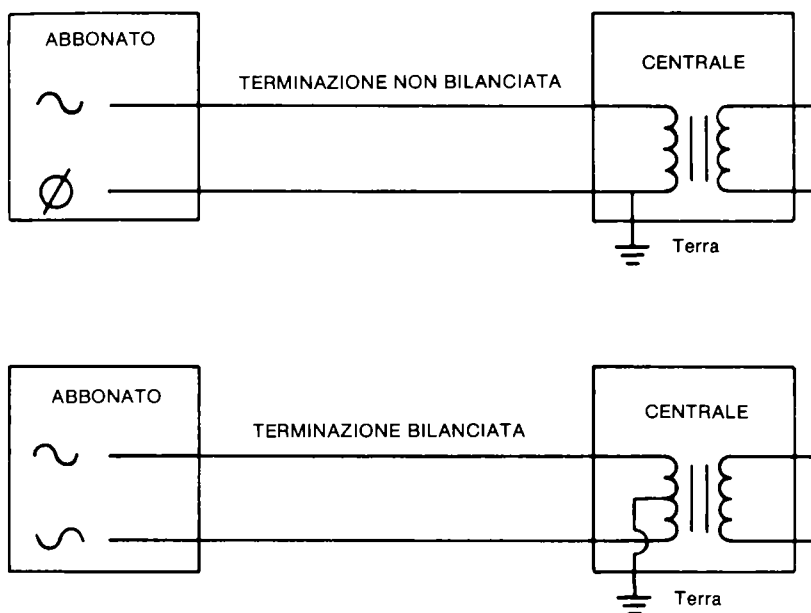


Figura 4-3. Terminazioni bilanciate e non bilanciate

## LINEE RISERVATE

Quando un certo abbonato ha dei problemi per cui la rete di commutazione pubblica non è adatta, può richiedere alla società telefonica una linea riservata. Le linee riservate hanno un costo maggiore perché forniscono un circuito di comunicazione in full-time per l'uso esclusivo di un cliente. Quando un cliente chiede una linea riservata deve specificare, tra le altre cose, se vuole un circuito a due o a quattro fili.

Quando prezzo e specifiche della linea sono stati stabiliti la società telefonica provvede al servizio. Questo canale riservato può attraversare le centrali, le linee intercentrali, le linee interurbane, ma non può normalmente attraversare la rete di commutazione pubblica. La figura 4-4 mostra questa importante differenza tra linee di commutazione pubblica e linee riservate. Non c'è nessuna tensione c.c. applicata alla linea riservata né da entrambi gli abbonati né dalla centrale. La potenza per trasferire i segnali c.a. sul circuito è fornita dall'abbonato ed egli per contratto deve limitare a un massimo livello la potenza che può applicare.

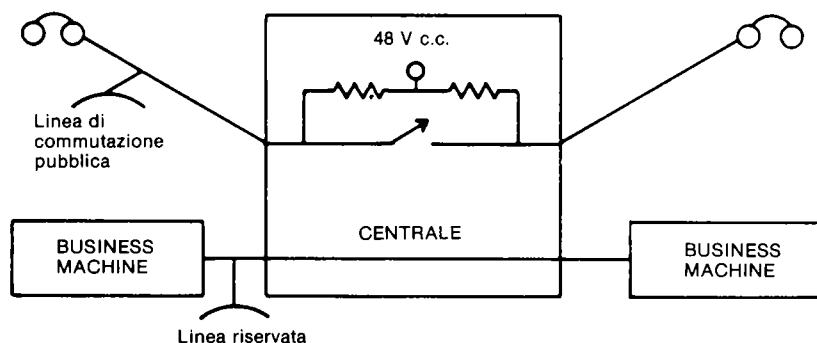


Figura 4-4. Confronto tra linee riservate e linee pubbliche

Quando un abbonato richiede un servizio riservato deve anche dire se il circuito funzionerà in modo "punto-punto" oppure in modo "multipunti". Come mostrato in figura 4-5, punto-punto significa che esiste una linea di comunicazione separata tra due punti di una rete. La comunicazione si ha soltanto fra due punti alla volta. Un sistema collegato per funzionare in modo multipunti ha un canale che collega tutti i punti del sistema. I segnali sono ricevuti simultaneamente da tutte le stazioni o terminali.

Supponete che si richieda un tecnico per installare un sistema online, e che tale sistema sia progettato per funzionare in full-duplex attraverso un circuito a 4 fili. Inoltre supponete che non si abbia un funzionamento soddisfacente in un altro modo. Egli può raggiungere un punto in cui si accorge che la compagnia telefonica gli ha messo a disposizione una terminazione a due fili. La conoscenza dei differenti modi di funzionamento e delle configurazioni del circuito rendono il tecnico capace di riconoscere alcuni errori nella configurazione del sistema e lo aiutano nell'iniziare l'azione correttiva necessaria.

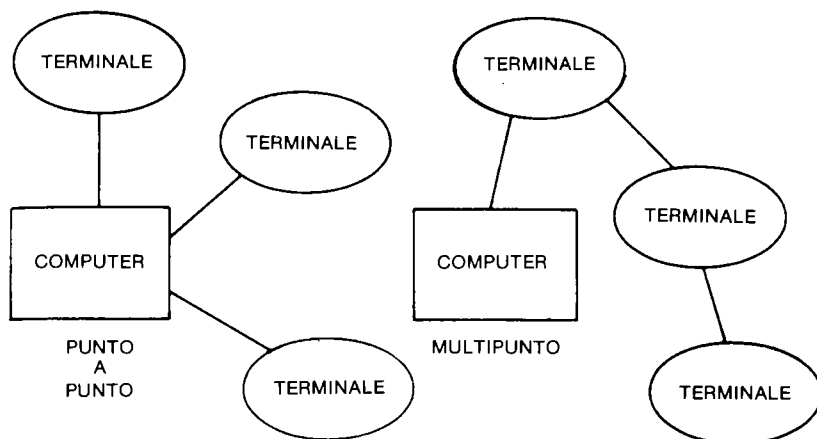


Figura 4-5. Due configurazioni di sistemi online

## SOMMARIO

I circuiti telefonici possono avere diversi modi di funzionamento. Funzionano in modo simplex se portano l'informazione solo in una direzione. Funzionano in half duplex se portano l'informazione in due direzioni alternative. Funzionano in duplex (o in "full" duplex) se portano l'informazione in entrambe le direzioni simultaneamente. I circuiti telefonici possono essere bilanciati o sbilanciati rispetto alla terra. Possono far parte della rete pubblica di commutazione oppure essere riservati per l'uso esclusivo di singoli abbonati.

## QUESITI

Le risposte ai quesiti che seguono sono elencate nell'Appendice III.

1. Dite la differenza tra un semplice circuito elettrico e un circuito per comunicazioni.
2. Spiegate i termini seguenti relativi ai circuiti per comunicazioni.
  - a. Simplex
  - b. Half-duplex
  - c. Full-duplex
3. Spiegate la differenza tra linee sbilanciate e bilanciate.

4. Dite la differenza tra linee di commutazione pubbliche e linee riservate.
5. Quale modo di funzionamento (punto-punto o multipunti) è paragonabile al funzionamento party line nella rete di commutazione pubblica?



## CAPITOLO 5

# SEGNALI CONVENZIONALI DI COMUNICAZIONE

I circuiti telefonici furono inizialmente progettati per la trasmissione dei segnali vocali, e la trasmissione vocale è ancora il principale uso di questi circuiti. Ma col passar degli anni sono stati sviluppati numerosi altri tipi di segnali di comunicazione per i quali i circuiti telefonici sono un mezzo di trasmissione soddisfacente. La notizia stampata e le figure vengono convertite in segnali elettrici e riprodotte in una località differente. Sono state sviluppate macchine commerciali che usano i circuiti telefonici in applicazioni online e il numero di chiamate telefoniche, che trasferiscono l'informazione in forma di segnali EDP, sta aumentando rapidamente.

### CARATTERISTICHE DELLA VOCE

Poiché i circuiti telefonici sono progettati per la trasmissione della voce, ogni altro tipo d'informazione, per essere trasmesso attraverso questi stessi circuiti, deve conformarsi agli standards già stabiliti per la trasmissione della voce.

Nella sezione A si è detto della produzione del suono da parte delle corde vocali. Ma in che modo un suono differisce da un altro? Perché la voce dell'uomo è diversa da quella della donna? Che cosa è che permette alle parole di avere un significato? A queste domande si risponde studiando le caratteristiche della voce.

Il suono è una vibrazione meccanica in un mezzo, normalmente aria, e le onde di cambiamento di pressione viaggiano verso l'esterno a partire dalla sorgente come le onde che si propagano da un sasso caduto nell'acqua ferma. Le onde si allontanano dalla sorgente a una velocità circa costante, hanno un'ampiezza (la differenza tra cresta e valle) ed una frequenza o velocità di ripetizione (in un certo tempo passano per un dato punto un dato numero di onde).

Le caratteristiche della voce umana sono simili. Il suono si allontana dalla sorgente a circa 1200 Km all'ora. La rumorosità del suono è proporzionale alla ampiezza delle variazioni della pressione dell'aria. La frequenza delle onde sonore è più complessa della rapidità di ripetizione delle onde nell'acqua. I toni variano solo secondo un'unica frequenza, ma il linguaggio parlato è composto di molte frequenze fondamentali e armoniche. La frequenza predominante di un'onda sonora è detta tono. Più alta è la frequenza più alto è il tono del suono. È la frequenza caratteristica o tono che rende un suono diverso dall'altro, che aiuta a riconoscere la gente dalla loro voce e che permette di comunicare. La "banda passante" e la "larghezza di banda" sono due termini usati per descrivere gli intervalli di frequenza e le limitazioni del suono (o di ogni altro segnale che varia in frequenza).

## BANDA PASSANTE E LARGHEZZA DI Banda

La banda passante è espressa da due numeri che rappresentano la frequenza più alta e più bassa a cui il circuito risponde. La frequenza è espressa in Hertz (Hz) o in cicli per secondo (cps). Dire banda passante che va da 200 a 3200 Hz significa che i segnali con frequenza compresa fra questi due estremi passano attraverso il circuito, mentre i segnali al di fuori (per esempio, 100 Hz oppure 5000 Hz) non passano.

La larghezza di banda è un numero che rappresenta l'intervallo di frequenze in gioco senza stabilire quali sono i limiti più basso e più alto. Essa si calcola sottraendo la frequenza più bassa, della banda passante, dalla più alta. Nell'esempio precedente la banda passante va da 200 Hz a 3200 Hz. Per cui la larghezza di banda è 3000 Hz ( $3200 \text{ Hz} - 200 \text{ Hz} = 3000 \text{ Hz}$ ).

La figura 5-1 fa vedere gli intervalli di frequenza usati comunemente dalla voce e dalla musica.

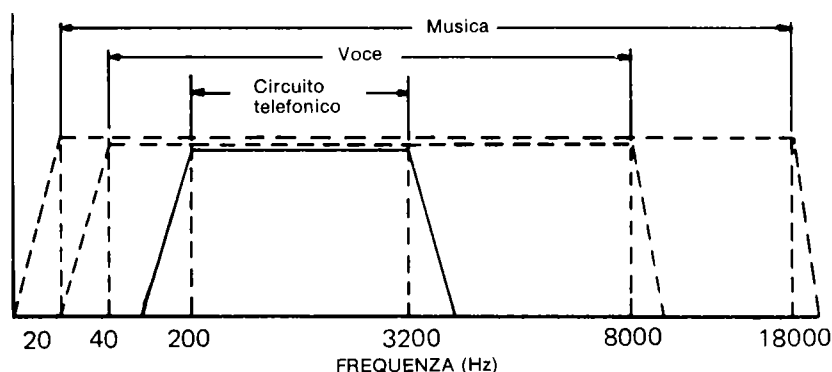


Figura 5-1. Confronto tra larghezza di banda e banda passante

Il diagramma mostra che i circuiti ideali per la trasmissione della musica hanno una banda passante che va da 20 a 18000 Hz e una larghezza di banda di 17.980 Hz. Se il circuito non ha almeno questa banda passante, alcune frequenze prodotte dagli strumenti musicali non passano attraverso il circuito. Lo stesso vale per la trasmissione della voce. Se un circuito vocale non ha una banda passante da 40 a 8000 Hz, alcune frequenze della voce, prima di raggiungere l'estremità lontana del circuito, vengono soppresse. L'eliminazione di alcune frequenze di una forma d'onda complessa cambia la qualità del suono; questo viene chiamato "distorsione di frequenza".

Si può tollerare una certa distorsione di frequenza e avere ancora voce e musica comprensibili. Il comune radiorecettore ne è un buon esempio. Esso ha una larghezza di banda di 5000 Hz, il che significa che le componenti di frequenza più alte della voce e della musica vengono soppresse, il parlato è ancora comprensibile e solo il più appassionato critico di musica nota la distorsione di frequenza nella musica. Gli esperimenti condotti sui circuiti di trasmissione provano che si possono avere trasmissioni vocali soddisfacenti attraverso circuiti elettrici con banda pas-

sante da 200 a 3200 Hz e larghezza di banda di 3000 Hz. Questa è la risposta standard in frequenza della maggior parte dei circuiti telefonici. Questi circuiti telefonici sono chiamati canali a "3 kHz" o a "3 kc".

Mentre il canale vocale a 3 kHz è il più comune nei circuiti telefonici (tutti i circuiti della rete telefonica pubblica sono canali a 3 kHz) è possibile ottenere dalla società telefonica circuiti con le larghezze di banda differenti. Normalmente i circuiti sono classificati in tre classi: banda stretta, banda vocale e banda larga. Nel seguito del capitolo verranno discussi i vantaggi e le limitazioni di queste tre classi.

## TRASMISSIONE VOCALE

La voce è una vibrazione meccanica. I circuiti però rispondono a variazioni elettriche, piuttosto che a vibrazioni meccaniche. Per cui si deve usare un trasduttore che converta l'energia meccanica in energia elettrica. Il microfono è un tipo di trasduttore. Nel microfono le vibrazioni meccaniche provocano la variazione della corrente elettrica in modo proporzionale alla frequenza e all'ampiezza del suono originale. Le variazioni elettriche comprese nella banda passante del circuito vengono trasferite ad un altro trasduttore, un altoparlante; l'altoparlante converte i segnali elettrici in suoni che possono essere uditi e capiti. La figura 5-2 mostra i concetti fondamentali della trasmissione vocale.

Su un oscilloscopio il segnale vocale di un trasmettitore appare come un'onda che varia costantemente in ampiezza; è composta di molte frequenze comprese entro la banda da 40 a 8000 Hz.

Nel ricevitore telefonico l'onda appare diversa perchè tutte le frequenze sotto i 200 Hz e sopra i 3200 Hz vengono eliminate dal circuito telefonico.

Poichè la maggior parte delle variazioni generate dalle corde vocali per la voce hanno una frequenza compresa in quest'intervallo, la distorsione di frequenza prodotta dalla larghezza di banda del circuito telefonico non incide sulla intellegibilità delle comunicazioni.

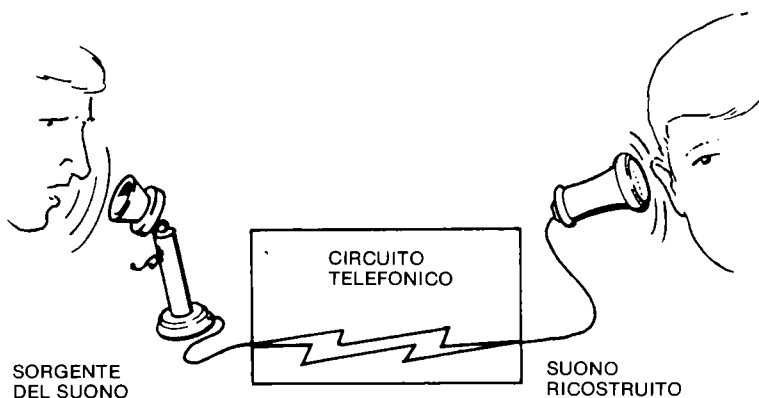


Figura 5-2. Principi fondamentali di trasmissione della voce

## TRASMISSIONE DI TELEFOTO

Una telefoto (facsimile) è una copia o una rappresentazione di un oggetto in forma grafica; le telefoto comprendono le figure e le informazioni stampate. In un processo di trasmissione per telefoto le immagini convertite in segnali elettrici sono accettate dal circuito telefonico e trasmesse; poi i segnali elettrici vengono usati per riprodurre le sembianze dell'immagine originale.

Il trasmettitore di telefoto ha un tamburo, rotante ad una velocità costante, al quale è fissata la copia. Mentre il tamburo ruota, le parti elementari della copia vengono analizzate da una fotocellula. Questo determina una variazione della corrente elettrica proporzionale alla quantità di luce riflessa dall'immagine. Poiché la quantità di luce riflessa dall'immagine è proporzionale alle aree chiare, scure e grigie della stessa, i segnali elettrici della fotocellula rappresentano i contrasti di essa. I segnali vengono poi modulati o trasformati in impulsi con frequenza di 1800 Hz e inviati al circuito per la trasmissione. La figura 5-3 mostra il processo di trasmissione di telefoto.

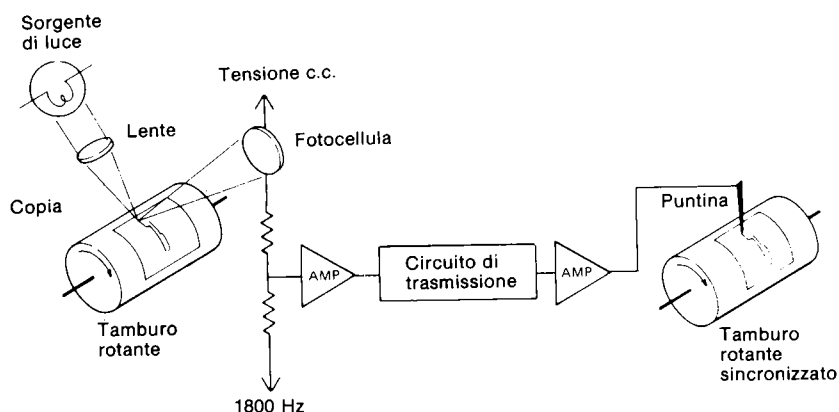


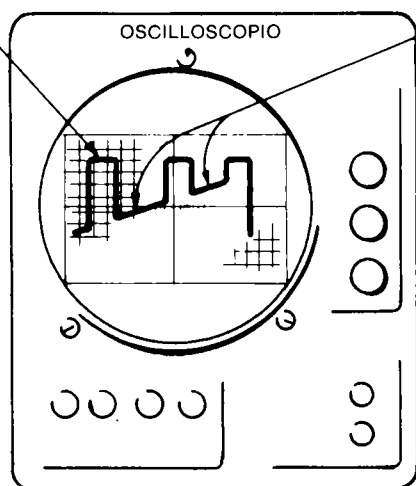
Figura 5-3. Procedimento di trasmissione di telefoto

Il ricevitore di telefoto si serve degli impulsi a 1800 Hz per sincronizzare un altro tamburo rotante. La variazione in ampiezza del segnale viene poi usata per riprodurre una telefoto dell'immagine originale su pellicola o su carta trattata.

Quando si impiega il procedimento fotografico i segnali della telefoto sono applicati ad una speciale lampadina che impressiona la pellicola proporzionalmente all'ampiezza del segnale della telefoto. Le copie vengono poi sviluppate in una camera oscura. Un metodo diverso di ricezione usa una puntina per riprodurre le aree scure, chiare e grigie su una carta trattata chimicamente mentre ruota il tamburo.

Le forme d'onda della trasmissione di telefoto sono visualizzabili con difficoltà con un oscilloscopio. I segnali che portano l'informazione dell'immagine variano costantemente in ampiezza e frequenza. Il rapido passaggio da aree luminose ad aree scure, e viceversa, provoca la generazione di segnali ad alta frequenza. Variazioni più graduali si presentano con segnali a frequenza più bassa. Se un oscilloscopio è sincronizzato con il segnale a 1800 Hz, una parte del segnale della telefoto trasmesso può apparire come mostrato in figura 5-4.

FREQUENZA DI  
SINCRONIZZAZIONE  
A 1800 Hz



INFORMAZIONE  
DELL'IMMAGINE

*Figura 5-4 Rappresentazione di un segnale di telefoto*

Immagini e carte meteorologiche trasmesse col processo della telefoto riempiono i giornali ed altro e sono facilmente riconoscibili poiché appaiono come un insieme di puntini con intensità di grigio variabili. Le società telefoniche offrono diversi servizi ai giornali e agli uffici meteorologici: trasmissione di segnali di telefoto per informazioni fotografiche e stampate, notizie del tempo, e simili.

## **TRASMISSIONE CON TELESKRIVENTE**

La telescrivente è un tipo di trasmissione in cui il ricevitore stampa i caratteri mentre vengono battuti su una tastiera da macchina da scrivere nella località del trasmettitore.

I terminali di un sistema di telescrivente sono un trasmettitore-distributore che invia l'informazione e una telescrivente o telestampante, che riceve e stampa l'informazione. Questi sono mostrati in figura 5-5.

I segnali della telescrivente possono essere trasmessi mentre l'informazione viene impostata sulla tastiera, ma è più efficiente usare il trasmettitore-distributore per formare un nastro di carta che contiene così l'informazione sotto forma di codice. I messaggi sono poi trasmessi a gruppi in un tempo successivo facendo sì che il trasmettitore-distributore legga automaticamente il nastro di carta perforato e produca i segnali da trasmettere. Le velocità standard di trasmissione della telescrivente sono di 60 e 100 parole al minuto (wpm).

I segnali della telescrivente rassomigliano ai segnali dei dati usati nelle macchine commerciali. Infatti la maggior parte di termini usati per descrivere i segnali della telescrivente vengono usati anche per descrivere i segnali dei dati.

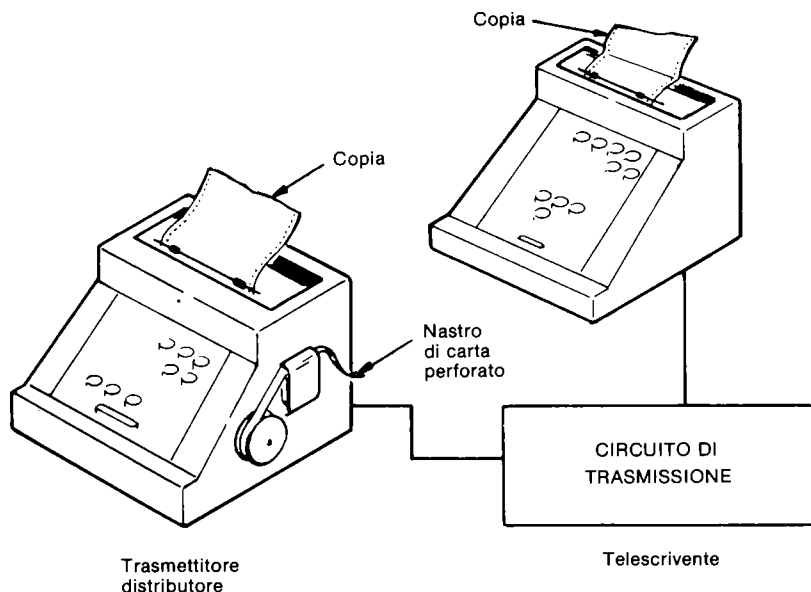


Figura 5-5. Elementi di trasmissione per telescriventi

Vengono usati molti codici per la telescrivente. I più comuni sono gli alfabeti internazionali numero 2 e numero 3. Nell'appendice I è presentata una carta che riporta i codici relativi a ciascun carattere nell'alfabeto n.2.

La figura 5-6 mostra il segnale di uscita dal trasmettitore-distributore (usando l'alfabeto internazionale numero 2) così come appare sull'oscilloscopio, immediatamente dopo che la lettera "P" è stata battuta sulla tastiera.

Un intervallo di tempo di 163 ms si chiama "carattere" ed è diviso in sette incrementi chiamati "bit". Inizialmente, mentre il trasmettitore-distributore è inattivo, la corrente passa nel circuito d'uscita. Appena dopo che è stato premuto il tasto, la corrente

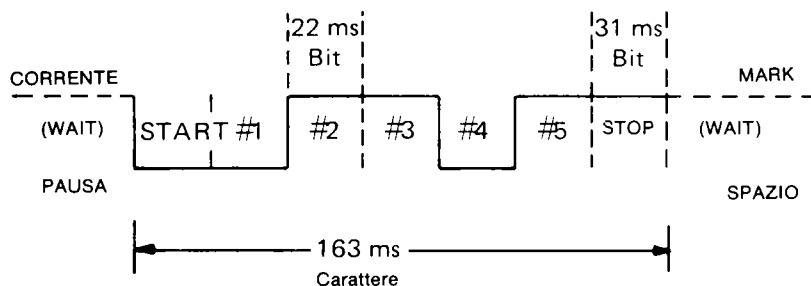


Figura 5-6. La lettera "p" nell'alfabeto internazionale n. 2 per telescriventi

cessa di fluire per 22 ms, generando il bit di start. Questo fa partire il ciclo di selezione nel ricevitore della telescrivente. I successivi cinque bit di 22 ms rappresentano l'informazione, in questo caso la lettera "P".

Questa configurazione di bit viene ricevuta e memorizzata dalla telescrivente ricevente. Durante il bit di fine di 31 msec, la telescrivente ricevente stampa il carattere o numero secondo il bit di quel carattere. Poi va in stop e aspetta un nuovo segnale per partire con un altro ciclo di selezione.

I caratteri della telescrivente sono codificati in un format in cui sono possibili due condizioni. Quando la corrente fluisce, la condizione è riportata con un "segno" (mark) o, in forma digitale, con un "Uno". Questa condizione è riprodotta su un nastro di carta dalla presenza di un foro. Quando la corrente non fluisce, la condizione è riportata con uno "spazio" (space) o, in forma digitale, con lo "zero". Essa è prodotta dal trasmettitore-distributore se non si ha nessun foro sul nastro di carta.

La "durata del carattere" di 163 ms dell'esempio corrisponde ad una trasmissione per telescrivente con velocità di 60 parole al minuto (una parola di 6 caratteri). Se la velocità della trasmissione aumenta bisogna ridurre la "durata del carattere" e la singola "durata del bit". La "durata del carattere" per un sistema a 100 parole al minuto è di 100 ms e le "durate di bit", ad eccezione del bit di stop, sono di 13,5 ms.

Il metodo tecnicamente più preciso di determinare la velocità di trasmissione è l'uso del "baud". Il baud-rate si determina dividendo un secondo per la durata più corta di ogni impulso in ciascun carattere. I tecnici telefonici si riferiscono a circuiti di telescrivente a "45 baud" e "74 baud", che si riferiscono a velocità di trasmissione rispettivamente di 60 e 100 parole al minuto.

Il termine baud è anche utile per calcolare la minima larghezza di banda richiesta per i segnali c.c.. Il risultato della moltiplicazione della velocità in baud per 3 è uguale alla minima larghezza di banda accettabile del circuito. Se la larghezza di banda del circuito è più piccola, i segnali c.c. subiscono una notevole distorsione di frequenza e ciò provoca errori di stampa nel terminale ricevitore. Per esempio, un circuito a 74 baud richiede almeno una larghezza di banda di 222 Hz, affinché i segnali lo attraversino soddisfacentemente. Se la larghezza di banda è più grande, ci sarà minore distorsione.

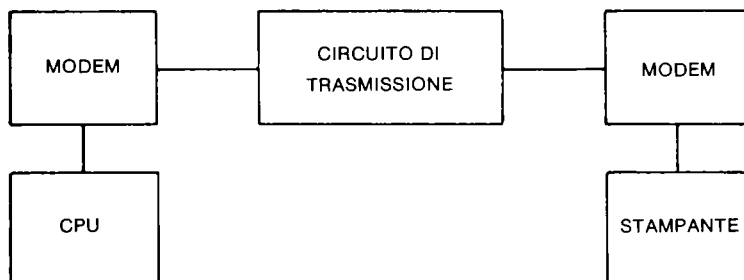
A causa della distorsione di frequenza, i segnali c.c. non vengono normalmente applicati direttamente alle linee telefoniche. I segnali c.c. vengono applicati a dispositivi intermedi che convertono l'informazione in toni audio per la trasmissione. All'altro capo delle linee, dispositivi analoghi convertono i toni audio in segnali c.c.. Questi dispositivi comprendono i convertitori di livello e i modulatori-demodulatori (MODEMS).

## TRASMISSIONE DI DATI

I segnali di trasmissione generati e usati dalle apparecchiature commerciali si chiamano dati. Come per gli altri segnali anche ora l'obiettivo della trasmissione è di trasferire i segnali, i dati, da un punto ad un altro. Una disposizione circuitale per una derivazione di un computer on line può essere come mostrato in figura 5-7.

Normalmente segnali c.c. della telescrivente non sono accettabili per la trasmissione attraverso i circuiti telefonici.

Lo stesso vale per la trasmissione di segnali di dati. Questi segnali applicati a un MODEM passano attraverso il circuito e sono convertiti da un altro MODEM nella forma originale.



*Figura 5-7. Schema rappresentativo del sistema punto-punto online*

Il circuito per comunicazioni mostrato in figura 5-7 funziona in half-duplex da punto a punto. I dati del computer trasmessi attraverso questo circuito sono in una forma digitale che ha un significato; una "conversazione" tra la CPU e la stampante di figura 5-7 potrebbe svilupparsi come segue.

**Computer:** "Stampante, sii pronta a stampare".

**Stampante:** "Sono pronta a stampare".

**Computer:** "Stampa un carattere (numero 2)".

**Stampante:** "Ho stampato un carattere".

**Computer:** "Stampante, sii pronta a stampare".

I segnali di dati che rappresentano i comandi e le risposte tra macchine commerciali sono molto simili ai segnali di telescrivente. Come prima, sono possibili due condizioni. Le due condizioni nei segnali di dati sono "tensione" e "non tensione". Gruppi più grandi di bit formano i caratteri che come con i segnali di telescrivente, possono rappresentare lettere, numeri o simboli.

Ci sono due differenze tra i segnali di telescrivente e i segnali di dati delle macchine commerciali. Queste differenze consistono nel format (formati) del carattere e nella velocità di trasmissione.

Nello sviluppo dei computer divenne chiaro che il vocabolario degli alfabeti internazionali usati per la telescrivente era inadeguato. Per gli specifici funzionamenti delle macchine commerciali si richiesero nuovi caratteri. Si svilupparono un certo numero di sistemi di codificazione per computer che sono usati anche oggi. Tre di questi sono il codice Hollerith, il 315 General Purpose e l'USASCII (United States of America Standard Code for Information Interchange).

Di questi l'USASCII è il più universalmente accettato; nell'appendice I si trova il codice completo USASCII.



La figura 5-8 mostra la lettera "P" in codice USASCII. L'ultimo bit significativo è sulla sinistra come si ha su uno schermo di un oscilloscopio. Notate che i bits di start e di stop, le durate dei bit e del carattere non sono riportate. Esse variano in funzione del tipo di macchina commerciale, delle velocità di trasmissione e delle applicazioni.

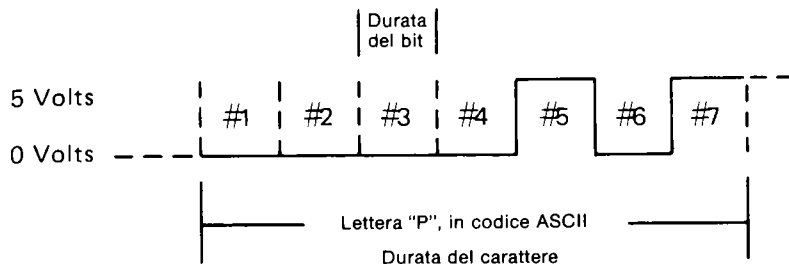


Figura 5-8. Carattere del codice ASCII: la lettera "p"

Il trasferimento dell'informazione avviene quando vengono trasmessi attraverso il circuito questi 7 bit. È pratica comune l'aggiunta di un ottavo bit, normalmente non considerato dal ricevitore. Il carattere a 8 bit è chiamato "byte". Spesso sono generati ed usati come segnali di controllo un bit di start ed uno o due di stop. Il particolare numero di bit supplementari varia a secondo del tipo della macchina commerciale e l'applicazione.

Ai livelli di tensione dei bit dei dati vengono assegnati i valori di Uno e Zero e sono chiamati "segnali logici a due stati". Se alla tensione più positiva è assegnato il valore Uno ed alla più negativa il valore Zero il format è detto a "livelli a logica positiva". "Livelli a logica negativa" indica che la tensione più negativa ha valore Uno. La maggior parte delle macchine commerciali NCR adotta i livelli a logica positiva. I segnali in logica positiva che si usano con i MODEMS vengono invertiti prima di essere trasmessi. Il circuito usato normalmente per ottenere ciò si chiama convertitore di livello ed esso ha la capacità supplementare di cambiare i livelli di 0 e 5V delle apparecchiature commerciali in livelli positivi o negativi necessari per il funzionamento del MODEM. Gli standard dell'Electronic Industries Association (EIA) sono:

Digit 0 = Da più 3 a più 25V  
Digit 1 = Da meno 3 a meno 25V

In un computer tutti i bit hanno la stessa durata. Nei sistemi di trasmissione Dati, "Bit per secondo" e "Baud Rate" hanno frequentemente lo stesso significato. Però qualche sistema adopera una tecnica chiamata "Codificazione Multi-livello" e in queste applicazioni "Bit per secondo" e "Baud Rate" non sono sinonimi.

## VELOCITA' DI TRASMISSIONE

Con la capacità di alte velocità dei moderni computers (milioni di bit al secondo), le velocità di trasmissione di 45 e 75 baud sono inaccettabili. Invertendo l'espressione baud/larghezza di banda e dividendo la larghezza di banda del canale per 3 si ha che

la massima velocità di trasmissione ottenibile è di 1000 bit al secondo. Questo è vero se i segnali c.c. sono applicati direttamente al circuito di comunicazione. L'uso dei MODEMS consente a volte velocità di trasmissione più alte. Alcune velocità standard per i segnali di dati sono 110, 600, 1000, 1200 e 2400 baud.

Gli apparati periferici possono essere divisi in tre gruppi secondo le velocità di trasmissione e le richieste di comunicazione. Gli apparati a bassa velocità come la telescrivente possono funzionare soddisfacentemente attraverso circuiti a banda stretta messi a disposizione dalla società telefonica.

I circuiti a banda-stretta sono meno costosi e si prestano a velocità di trasmissione fino a 200 bits per secondo. Gli apparati a velocità media come le stampanti ed i sistemi video usano il servizio più comune a "banda vocale" di 3 kHz.

I circuiti a larga-banda sono più costosi di quelli a banda stretta o a banda vocale, ma si prestano a velocità di trasmissione fino a milioni di bits al secondo. Dipenderà dalle capacità dell'installazione e dalle richieste del cliente dire se il costo è proibitivo o giustificato.

## **SOMMARIO**

Ci sono molti fattori che riguardano i servizi e le operazioni effettuate dalle società telefoniche. Il circuito telefonico prevalente, cioè il canale vocale, ha alcune caratteristiche peculiari ed alcune limitazioni. I canali vocali sono stati originariamente studiati per essere adatti ai segnali del parlato, e sono adeguati per questo scopo. Lo sviluppo naturale degli altri servizi di comunicazione, come la telefoto, la telescrivente e la comunicazione di dati, ha portato a macchine capaci di comunicare attraverso canali vocali oltre lo standard di 3 kHz. Sono disponibili tre tipi di circuiti (a banda stretta, a banda vocale e a banda larga).

## **QUESITI**

Le risposte ai quesiti che seguono sono riportate nell'Appendice III.

1. Dite le frequenze che descrivono il canale standard vocale.
  - a. Per la banda passante
  - b. Per la larghezza di banda
2. Elencate quattro tipi di segnali di comunicazione comuni ai circuiti telefonici.
3. Dite il nome degli apparati terminali di un sistema a telescrivente.
4. Quant'è in baud la velocità di un segnale di telescrivente a 100 parole al minuto (Bit di start e di carattere di durata = 13,5 ms, bit di stop = 19 ms)?

5. Quant'è la larghezza di banda minima richiesta se i segnali di dati c.c. a 1000 baud sono applicati direttamente al circuito di comunicazione?
6. In che cosa i segnali delle macchine commerciali sono diversi da quelli della telescrivente?
7. Quale sistema di codificazione per computer è più usato oggi?
8. Qual'è il compito di un convertitore di livello?
9. Quale tipo o categoria di macchina commerciale usa normalmente circuiti a banda stretta per le comunicazioni?
10. Dite uno svantaggio ed un vantaggio del servizio a banda larga rispetto a quello a banda - vocale.



## CAPITOLO 6

# METODI E TECNICHE DI MODULAZIONE

I segnali intelleggibili nei circuiti di trasmissione subiscono molti cambiamenti nella forma elettrica durante la trasmissione a lunga distanza. I segnali dei dati e di tele-scrittura devono essere trasformati in segnali audio rappresentativi prima della trasmissione a causa della banda passante limitata dei circuiti telefonici. Una conversione finale riporta il segnale, si spera, nella forma originale. La conversione elettrica del segnale facilita il suo trattamento nei sistemi interurbani e nei mezzi di trasmissione, specialmente quando si usano sistemi radio.

### PORTANTI E MODULAZIONE

I segnali di trasmissione sono trasportati nei sistemi telefonici nello stesso modo in cui una lettera è portata dalla posta. La persona che imposta una lettera e la persona che la riceve corrispondono ai terminali di un sistema di trasmissione, e la lettera è come il messaggio da comunicare. Il sistema postale è il mezzo di comunicazione. Ma il sistema postale non è una cosa unica; esso è composto di molte parti più piccole, come i diversi uffici postali attraverso cui la lettera passa.

I postini, gli autocarri, i treni e gli aerei che oggi giorno trasportano la lettera sono i portatori. I portatori sono necessari al trasferimento della informazione, ma non sono direttamente legati al testo della lettera. Il contenuto della lettera non è influenzato dai portatori ed esso non si cura di quali portatori vengono usati, per portarlo ad un altro.

Le *portanti elettroniche* sono simili ai portatori postali. Le portanti non sono i segnali dell'informazione, ma vengono usate nel trasferimento delle forme d'onda del segnale. Le portanti elettroniche trasportano le forme d'onda dei segnali mediante la "modulazione" e la "demodulazione".

La *modulazione* è il processo di impressione di una forma d'onda sopra la portante per la trasmissione. Raramente viene trasmessa la forma d'onda di comunicazione originale; l'informazione è contenuta nella forma d'onda modulata.

La *demodulazione* è il procedimento di separazione dell'informazione della portante dopo la trasmissione. A questo punto la portante è normalmente eliminata o messa da parte in quanto non è più utilizzabile.

Una portante è una forma d'onda ad ampiezza, frequenza e fase costanti che può essere modulata cambiando l'ampiezza, la frequenza o la fase. Le forme d'onda delle

portanti sono normalmente di frequenza molto più alta di quella del segnale da trasmettere. Le portanti elettroniche "portano" i segnali da trasmettere da un punto ad un altro.

Specialmente nei sistema radio, si usano molti metodi di modulazione delle portanti. Ognuno è chiamato secondo il metodo usato per imprimere il segnale da trasmettere sulla portante. Alcuni metodi di modulazione sono la modulazione d'ampiezza (AM), la modulazione di frequenza (FM), la modulazione a banda laterale singola (SSB) e la modulazione per spostamento di frequenza (FSK).

Quando la rete di commutazione pubblica viene usata per le chiamate a lunga distanza, i metodi di modulazione possono variare e non possono essere predeterminati. Né il metodo di modulazione può essere determinato dopo che si è avuta la modulazione stessa. Ma anche se il metodo potesse essere determinato, i tecnici non hanno la possibilità di accedere ai circuiti ed apparati telefonici e, ad eccezione dei segnali FSK, le forme d'onda modulate non compaiono nei terminali.

### MODULAZIONE D'AMPIEZZA

La modulazione d'ampiezza consiste nel combinare un segnale audio (da trasmettere) a bassa frequenza con una portante ad alta frequenza per produrre due nuove frequenze che rappresentano il segnale dell'informazione. Le due nuove frequenze sono chiamate bande laterali. Le frequenze della banda laterale superiore (USB) sono prodotte dalla somma delle frequenze audio e portante, e le frequenze della banda laterale inferiore (LSB) sono generate dalla differenza tra la portante e le frequenze audio.

Un esempio mostra la relazione tra le frequenze della banda laterale e della portante. Supponete che un segnale audio a 2000 Hz moduli una frequenza portante di 800 KHz. La frequenza USB generata è 802 KHz (800.000 più 2.000) e la frequenza LSB è 798 KHz (800.000 meno 2.000). La larghezza di banda della portante e delle frequenze di banda laterale è uguale a USB (la più alta) meno LSB (la più bassa) o uguale a 4.000 Hz. La figura 6-1 mostra la relazione tra la portante audio e le frequenze di banda laterale.

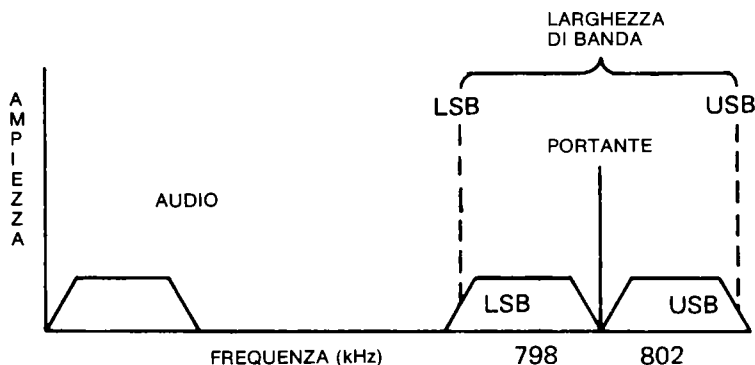
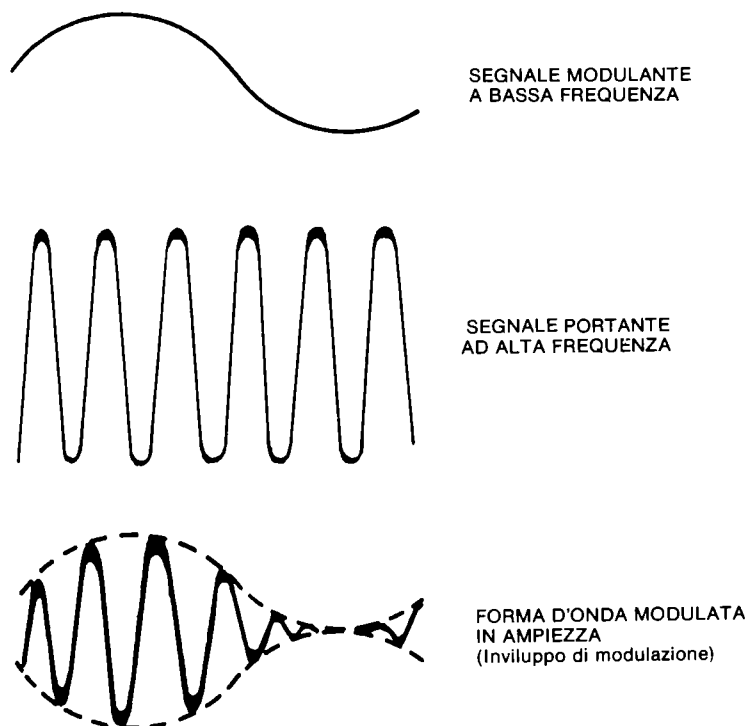


Figura 6-1. Relazione tra le frequenze della modulazione d'ampiezza

La larghezza di banda dei trasmettitori radio AM più commerciali è limitata a 10 kHz ed è centrata intorno alla frequenza portante. Nell'esempio precedente la frequenza portante del trasmettitore era di 800 kHz. Quindi la banda passante del trasmettitore va da 795 kHz e 805 kHz. Una frequenza audio *non* viene trasmessa poiché essa cade fuori dalla banda passante dei circuiti d'uscita del trasmettitore. Le bande laterali che sono prodotte e trasmesse con la frequenza portante, rappresentano il segnale audio originale.

"L'involuppo di modulazione" (la figura della forma d'onda composta che viene trasmessa) varia in funzione dell'ampiezza e della frequenza della tensione audio modulante come mostrato nella figura 6-2.



*Figura 6-2. Forme d'onda dei segnali modulati in ampiezza*

Il circuito che produce le forme d'onda AM è chiamato "modulatore" o "miscelatore" (mixer). Il mixer ha due segnali d'ingresso (le frequenze audio e portante) ed un segnale d'uscita (la forma d'onda composta). Le frequenze d'uscita dal mixer comprendono la somma, la differenza e le frequenze originali.

Le frequenze d'uscita da un mixer sono la USB, la LSB, la audio e la portante. Notate che all'uscita del mixer sono presenti quattro frequenze, ma che soltanto tre di esse lasciano il trasmettitore a causa della banda passante di questo.

I circuiti del mixer possono essere costruiti per funzionare in modo lineare o non lineare. Il mixer non lineare produce il tipo particolare di distorsione controllata che chiamiamo AM e produce frequenze a banda laterale.

Il mixer lineare non produce lo stesso tipo di distorsione. La figura 6-3 mostra la differenza nelle forme d'onda d'uscita dei mixers lineari e non lineari che hanno applicati identici segnali audio e portanti. In questo libro il termine "mixer" si riferirà sempre al tipo non lineare a meno che non sia specificato altrimenti.

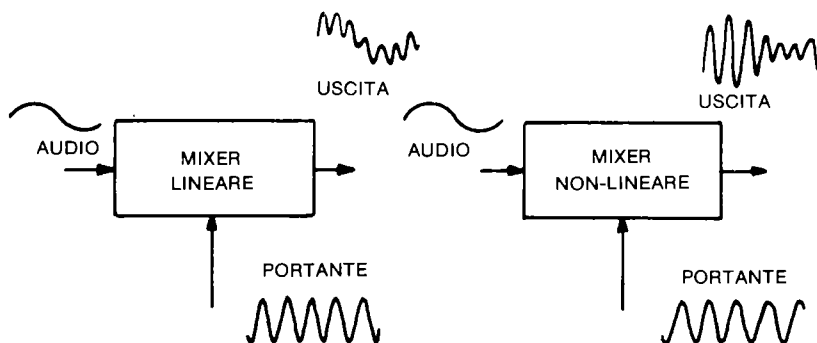


Figura 6-3. Differenza tra mixers lineari e non lineari

Un trasmettitore radio AM amplifica in potenza i segnali d'uscita dal mixer e manda ad un'antenna trasmittente le frequenze portanti e di banda laterale. L'antenna è un trasduttore che converte le correnti elettriche AM in campi elettrici ed elettromagnetici proporzionali (radio onde) che si propagano nello spazio ad una velocità prossima a quella della luce.

Una frazione di secondo dopo la trasmissione, le radio onde sono intercettate da un'antenna ricevente, un altro trasduttore. Una corrente proporzionale fluisce nell'antenna. A questo punto il segnale è molto debole a causa delle perdite nel mezzo di trasmissione. È amplificato dal ricevitore a un livello di potenza adeguato e mandato a un circuito "rivelatore" per la demodulazione.

Il rivelatore è normalmente un raddrizzatore a mezz'onda che taglia effettivamente la forma d'onda a metà. Un filtro speciale rimuove la portante a frequenza più alta, lasciando solo una tensione che varia proporzionalmente all'ampiezza dell'involuppo di modulazione. L'involuppo di modulazione, come detto sopra, varia secondo il

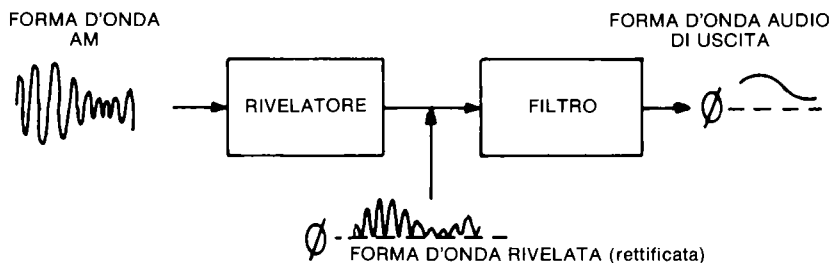


Figura 6-4. Forme d'onda del demodulatore AM



segnale audio modulante originale.

La figura 6-4 mostra le forme d'onda prima, durante e dopo la demodulazione.

Gli apparecchi radio commerciali adottano il processo di trasmissione AM. Quando un radioricevitore AM ha il quadrante posizionato su 800, è sintonizzato per ricevere la portante a 800 kHz e le frequenze di banda laterale. I segnali audio (voce e musica) ascoltati sono il risultato del processo di demodulazione AM.

## MODULAZIONE DI FREQUENZA

L'obiettivo della trasmissione che usa la modulazione di frequenza è lo stesso della AM: trasferire i segnali delle informazioni (normalmente audio) da un punto ad un altro. La FM, in confronto alla AM, ha alcuni vantaggi e svantaggi.

Modulazione d'ampiezza vuol dire che l'ampiezza del segnale trasmesso varia; modulazione di frequenza vuol dire che varia la frequenza del segnale trasmesso. Un segnale FM ideale ha sempre ampiezza costante. Nella modulazione di frequenza, la frequenza della portante viene fatta variare sopra e sotto la sua normale frequenza centrale. Quando la frequenza della portante varia si dice "deviata" dal centro. L'ammontare della deviazione è proporzionale all'ampiezza della tensione modulante e la velocità di deviazione è proporzionale alla sua frequenza.

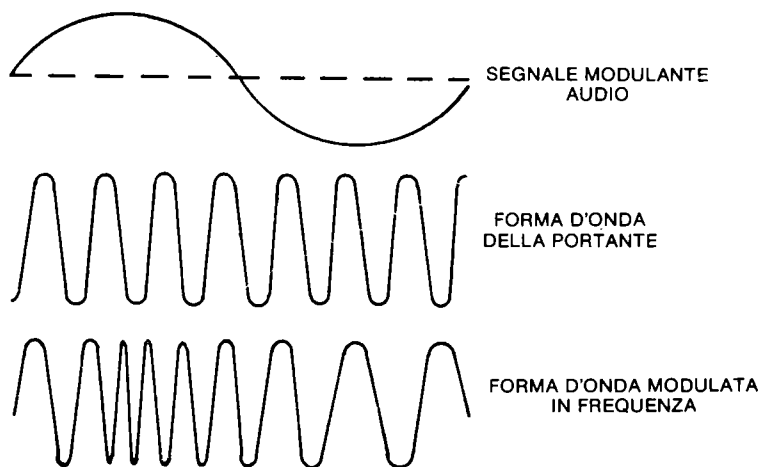
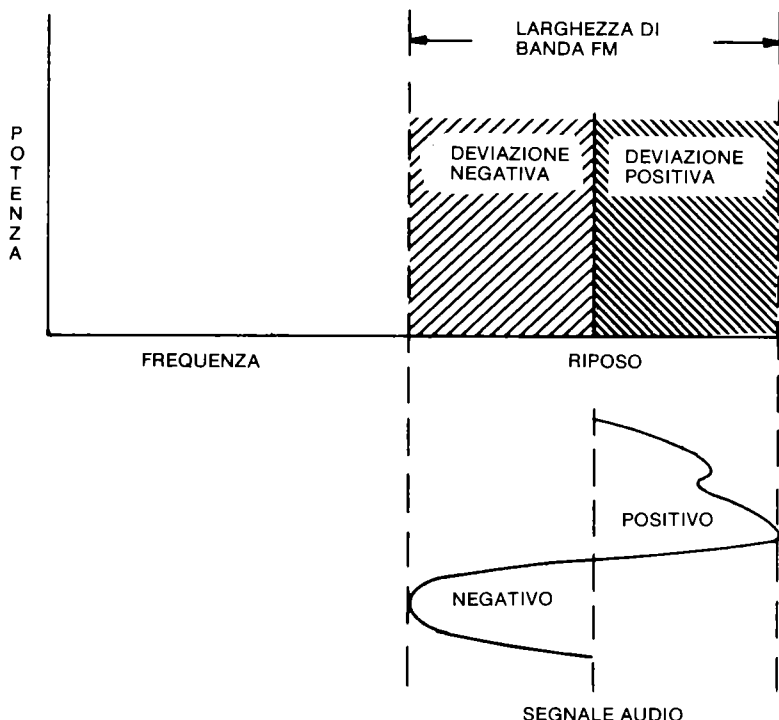


Figura 6-5. Forme d'onda modulate in frequenza

Quando non è applicata nessuna tensione modulante, l'uscita del trasmettitore FM è la frequenza "di riposo", "centrale" o "portante". Questi tre termini nella terminologia FM sono sinonimi. Quando la tensione modulante è positiva si ha una "deviazione positiva", cioè la portante si porta a una frequenza più alta. Quando la tensione modulante è negativa si ha una "deviazione negativa", cioè la portante si porta a una frequenza più bassa. La potenza d'uscita del trasmettitore resta costante indipendentemente dalla modulazione della portante.

La figura 6-5 mostra come sono le forme d'onda nella modulazione in frequenza.

La figura 6-6 mostra i risultati di un segnale portante modulato in frequenza. Il diagramma composto fa vedere in una parte la larghezza di banda FM e sotto il segnale audio modulante.



*Figura 6-6. Deviazione del centro della frequenza portante FM*

Nei trasmettitori FM speciali circuiti, chiamati “modulatori con tubo di reattanza” generano le forme d'onda FM. Nei ricevitori FM altri speciali circuiti, chiamati “discriminatori”, demodulano i segnali FM.

I due principali svantaggi della trasmissione FM rispetto alla AM sono (1) che i segnali FM richiedono una larghezza di banda molto più ampia, e (2) che la trasmissione è limitata ad una distanza più piccola. I ricevitori FM commerciali richiedono una larghezza di banda di almeno 150 kHz, e normalmente la qualità della trasmissione si degrada quando la distanza di trasmissione supera gli 80 o 90 Km.

Ma la trasmissione FM ha anche due vantaggi notevoli rispetto alle trasmissioni radio AM. Primo, possono essere usate frequenze audio modulanti più alte (fino a 15 kHz), rendendo la riproduzione dei suoni più realistica. Secondo, poiché l'ampiezza della forma d'onda è idealmente costante si usano nel ricevitore circuiti limitatori di tensione per tagliare via tutte le variazioni di ampiezza nel segnale prima della de-

modulazione. Queste variazioni d'ampiezza sono causate dalle scariche atmosferiche e dai disturbi elettrici nell'atmosfera; come risultato si ha che le trasmissioni FM sono più esenti da rumore di quelle AM.

## BANDA LATERALE SINGOLA

La trasmissione a banda laterale singola è simile alla trasmissione AM, con la differenza che per la generazione dei segnali SSB si fa maggior uso di filtri elettrici. I filtri sono circuiti elettrici sensibili alla frequenza e sono impiegati per limitare la banda passante e la larghezza di banda di altri circuiti, come richiesto. I quattro tipi comuni di filtri sono il passa-alto, il passa-basso, il passa banda e l'elimina banda. I nomi implicano la funzione di ciascun tipo di filtro. Il tipo di filtro maggiormente usato nella trasmissione SSB è il filtro passabanda.

Se un filtro è progettato per far passare solo le frequenze tra 200 e 3200 Hz, si chiama filtro a banda vocale. Milioni di questi filtri sono usati nei circuiti telefonici. È possibile costruire filtri passa banda che fanno passare ogni intervallo di frequenza voluto e che bloccano il passaggio di tutte le frequenze esterne a questo intervallo.

La figura 6-7 mostra la generazione del segnale SSB. Viene usato un mixer per produrre una forma d'onda AM. Poi il segnale viene applicato a un filtro passabanda. La larghezza di banda del filtro limita il passaggio delle frequenze alla banda laterale superiore del segnale (USB). Le frequenze USB che passano attraverso il filtro formano un segnale a banda laterale singola.

La figura 6-7 mostra che soltanto le frequenze USB sono presenti all'uscita del filtro. Un vantaggio della trasmissione SSB rispetto a quella in AM è il "risparmio di potenza". Poiché la portante e le frequenze della banda laterale inferiore non sono trasmesse si ha un risparmio di potenza nel trasmettitore. Inoltre, poiché non è tra-

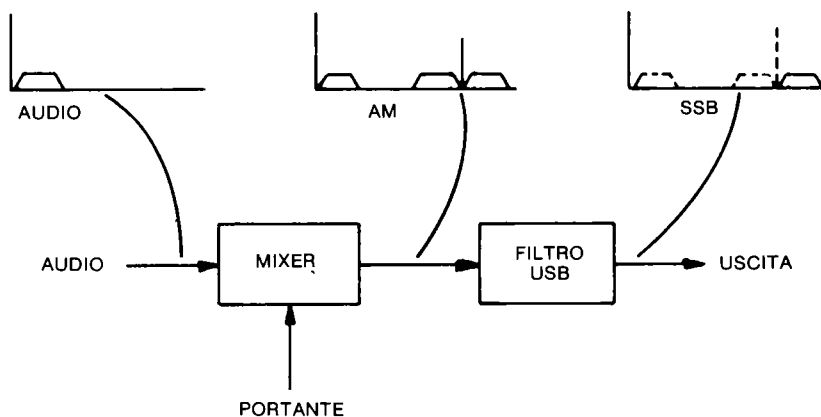


Figura 6-7. Generazione di un segnale a banda laterale singola (SSB)

smessa la banda laterale inferiore, il segnale SSB occupa soltanto metà larghezza di banda di un segnale equivalente AM. Questo vantaggio è chiamato "economia spettrale". Nella stessa larghezza di banda richiesta da un segnale AM possono essere trasmessi il doppio di segnali SSB. Un terzo vantaggio dell'SSB rispetto all'AM viene anche dall'uso di solo metà larghezza di banda. Il rumore è presente in tutte le frequenze dello spettro. Poiché viene usato soltanto metà spettro, è presente nella forma d'onda del ricevitore soltanto metà rumore. Per cui le trasmissioni SSB hanno un rapporto segnale-rumore più grande delle AM.

Uno dei metodi più comuni di generare segnali SSB è quello che usa un circuito speciale chiamato "modulatore bilanciato". Questo circuito elimina la frequenza della portante mentre la portante è ancora a un livello di potenza basso. Il segnale risultante, mostrato nella figura 6-8, è chiamato banda laterale doppia (DSB). Il segnale DSB comprende i segnali USB ed LSB; esso è convertito nel segnale SSB da un filtro passa banda che elimina una delle bande laterali.

Il processo di demodulazione nel ricevitore è simile a quello di modulazione. Il circuito che demodula il segnale è chiamato "mixer bilanciato". Il ricevitore genera una nuova frequenza portante che è immessa nel mixer e si ha l'azione miscelante. Una delle frequenze d'uscita del mixer bilanciato è la frequenza differenza, che è uguale alla frequenza del segnale modulante originale. Le frequenze indesiderate del mixer sono soppresse o filtrate. La figura 6-9 mostra la demodulazione SSB.

Se la frequenza portante generata dal ricevitore non è esattamente la stessa di quella usata nella modulazione, i segnali audio d'uscita risultano distorti. Un ricevitore che non produce la frequenza portante (come un comune ricevitore radio AM) è incapace di estrarre suoni intellegibili da forme d'onda a banda laterale singola. Questi fatti spiegano i due principali svantaggi della trasmissione SSB rispetto alla AM. Il costo di costruzione di circuiti SSB è più alto a causa dei circuiti extra e delle necessità di tolleranze di frequenza più strette. Inoltre si richiede nel ricevitore una circuiteria supplementare per assicurare la corretta sintonizzazione dei circuiti critici, che riducono od eliminano la distorsione.

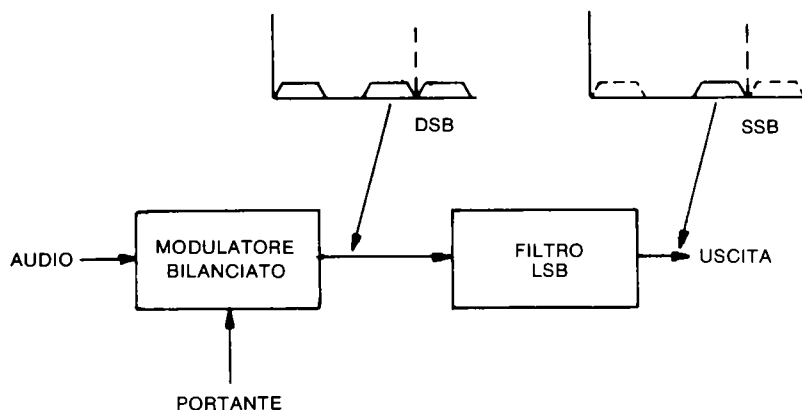


Figura 6-8. Metodo comune per generare segnali SSB

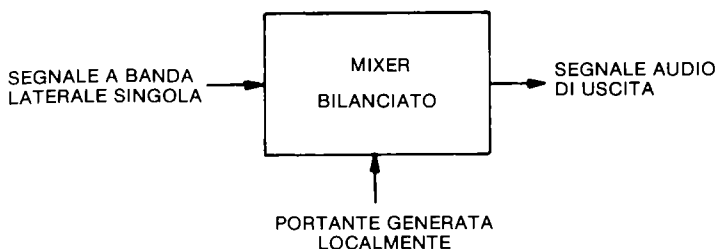


Figura 6-9. Demodulazione di segnali a banda laterale singola

## MANIPOLAZIONE E SPOSTAMENTO DI FREQUENZA (FSK)

Il metodo di modulazione chiamato FSK (frequency-shift keying) è di particolare interesse poiché è direttamente legato alla trasmissione di segnali logici a due stati. Queste sono le condizioni, o combinazioni binarie di tensioni e correnti che rappresentano l'informazione nei computers e nelle telescriventi.

La tecnica di modulazione FSK è simile alla FM. Nella modulazione FSK i due livelli c.c. possibili dei segnali dei dati sono convertiti, da un modulatore, in due frequenze differenti o toni comprese nella banda passante del circuito di comunicazione. All'altro capo del circuito un demodulatore riconverte i toni audio nei corrispondenti livelli c.c. I modulatori ed i demodulatori FSK sono normalmente contenuti in una unica unità chiamata MODEM (*modulatore-demodulatore*).

La figura 6-10 mostra la relazione tra un segnale di dati c.c. che è applicato all'ingresso di un MODEM ed il segnale risultante FSK che è trasmesso attraverso il circuito telefonico.

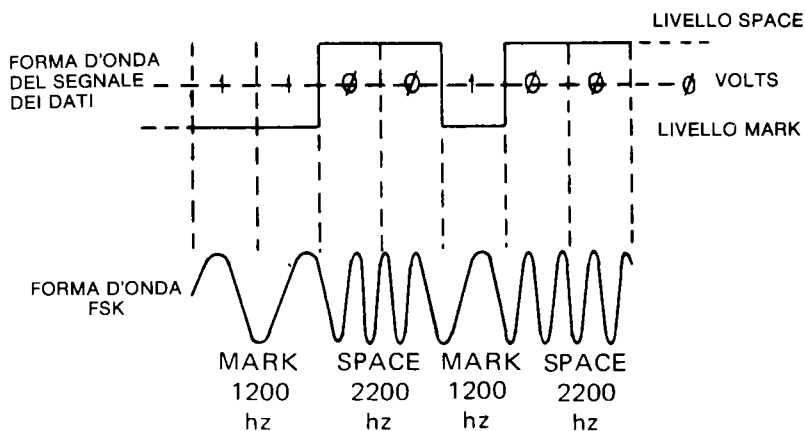


Figura 6-10. Forme d'onda della modulazione FSK

In un'onda FSK trasmessa, la frequenza del mark è data dal livello del mark e la frequenza dello space è data dal livello dello space. Se la frequenza del mark è trasmessa per un tempo pari a due "durate di bit" il MODEM del ricevitore genera un livello logico c.c. di durata due bit che eguaglia il segnale originale. Il contenuto del messaggio si conserva attraverso la trasmissione di una frequenza corrispondente per la durata del tempo di un bit.

La maggior parte degli apparati elettronici NCR usano livelli logici positivi; il livello più positivo rappresenta un Uno binario e il livello più negativo uno Zero binario. I convertitori di livello dei circuiti d'uscita delle macchine commerciali invertono i segnali logici. Dopo l'inversione il livello negativo del segnale rappresenta un Uno e il positivo rappresenta uno Zero. L'uso di livelli logici negativi, nei terminali d'ingresso del MODEM è, con poche eccezioni, un metodo di trasmissione standard. Le apparecchiature commerciali che usano livelli a logica positiva hanno, normalmente nei circuiti d'uscita, convertitori di livello per l'inversione e la conversione dei segnali. L'inversione inverte la polarità di una tensione c.c. Nelle apparecchiature NCR alcuni segnali sono identificati come "livelli a logica non comune o non standard". Questo indica normalmente una inversione o conversione speciale dei livelli di tensione.

In un MODEM una tensione negativa si chiama *livello mark*; essa produce la frequenza più bassa o frequenza mark da trasmettere. Al contrario, una tensione positiva è detta a *livello space*; essa produce la frequenza più alta o frequenza space da trasmettere. Nei periodi di tempo in cui i dati non sono trasmessi il MODEM resta normalmente bloccato nella condizione dei marking. Alla linea di trasmissione è costantemente applicata la frequenza più bassa (mark). Le deviazioni da questa condizione rappresentano i bit e i caratteri dei segnali dei dati.

I segnali FSK rassomigliano a quelli FM per il fatto che la portante viene fatta variare in frequenza. Però a una portante FM è permesso di variare in ogni punto della larghezza di banda del canale, mentre a una portante FSK è possibile variare solo in un

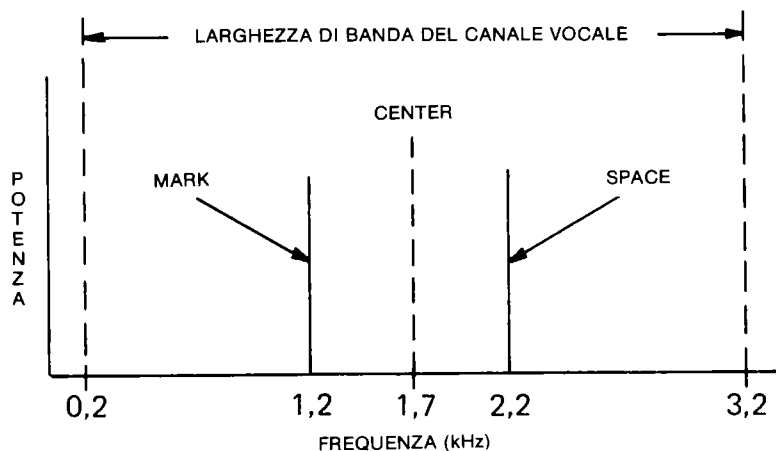


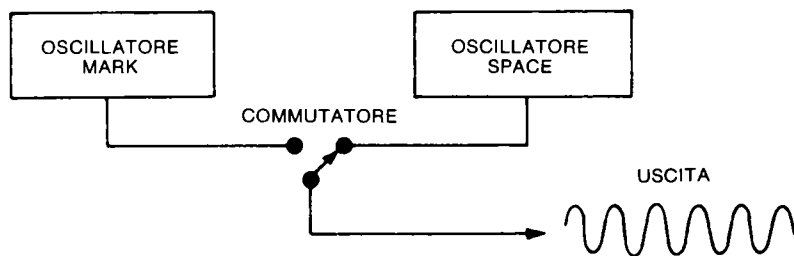
Figura 6-11. Posizione delle frequenze FSK nel canale vocale

punto determinato nel canale. Poiché i dati sono rappresentati da solo due condizioni, è necessaria soltanto una deviazione della frequenza portante.

La figura 6-11 fa vedere la posizione delle frequenze di mark e space rispetto alla larghezza di banda del canale-vocale e alla frequenza centrale del canale. Notate che la larghezza di banda delle frequenze di mark e space è soltanto un terzo circa della larghezza di banda totale del canale.

Nella maggior parte delle applicazioni si richiede che non ci sia discontinuità di fase nella forma d'onda FSK. Questo significa che il passaggio da una frequenza ad un'altra deve essere immediato, indipendentemente dall'istante in cui il MODEM determina la variazione. Questo inoltre dice che: segnali d'uscita FSK sono in una frequenza o in un'altra, mai in entrambe, e mai in qualche frequenza diversa dalla frequenza di mark o space.

Ci sono molti metodi per produrre le forme d'onda FSK. Forse il metodo più semplice usa due oscillatori separati, uno che genera la frequenza di mark e l'altro che genera la frequenza di space. Questi due oscillatori sono collegati al circuito d'uscita per mezzo di un commutatore come mostrato in figura 6-12.



*Figura 6-12. Metodo semplice per generare il segnale FSK*

Cambiando alternativamente la posizione del commutatore si applicano le frequenze mark e space alla linea di trasmissione. Una appropriata cadenza dei cambiamenti può produrre segnali FSK completamente comprensibili. In pratica i circuiti sono stati costruiti basandosi su questo principio. Il commutatore manuale è sostituito da un commutatore elettronico che è controllato dai livelli c.c. dei dati.

Il circuito mostrato in figura 6-12 produce una discontinuità di fase che può provocare problemi nel ricevitore. Un metodo migliore per generare i segnali FSK fa uso di un circuito oscillatore. I segnali dei dati provenienti dalle macchine commerciali cambiano elettronicamente la frequenza d'uscita dell'oscillatore.

Ugualmente molti costruttori usano un tipo di discriminatore FM nel demodulatore del MODEM. Un discriminatore è un circuito sensibile alla frequenza. Esso normalmente non risente delle variazioni di ampiezza. La tensione d'uscita da un discriminatore è una tensione c.c. che varia proporzionalmente alla frequenza del segnale di ingresso. Se il segnale d'ingresso è una forma d'onda FSK (due toni possibili), l'uscita dal discriminatore sono i due livelli corrispondenti.



Figura 6-13. Metodo più convenzionale per produrre FSK

Il circuito discriminatore può essere costruito in modo che uno dei livelli c.c. d'uscita sia Zero Volt, oppure che nessun livello sia zero Volt. Può essere progettato in modo da fornire un livello mark da una frequenza mark, oppure un livello space da una frequenza mark. I circuiti che seguono il discriminatore possono avere le funzioni di amplificare, di sagomare la forma d'onda, d'invertire o di restituire i segnali dei dati c.c.

Un altro metodo di demodulazione di segnali FSK fa uso di un filtro speciale e di un circuito raddrizzatore. Il principio di funzionamento è illustrato nello schema a blocchi della figura 6-14.

Nella figura 6-14 il filtro passa-basso ha un frequenza centrale di 1700 Hz. Esso fa passare la frequenza mark più bassa a 1200 Hz senza influenzare l'ampiezza della forma d'onda. Allorché al filtro viene applicata la frequenza space a 2200 Hz, essa viene bloccata, a causa della caratteristica della frequenza del filtro, e ridotta considerevolmente in ampiezza. Poiché la tensione c.c. d'uscita dal ricevitore è proporzionale all'ampiezza della tensione c.a. applicata in ingresso, l'uscita del rivelatore è uguale a Zero Volt, durante l'intervallo di tempo in cui è applicata la frequenza space ed è una tensione positiva, durante il tempo in cui è applicata la frequenza mark. Questo metodo demodula effettivamente la forma d'onda FSK e la converte nei livelli originali d'ingresso.

Nel 1959 le Nazioni Unite riconobbero l'International Telecommunications Union (ITU). Fu organizzata un'agenzia specializzata dall'ITU, la International Telegraph and Telephone Consultative Committee (CCITT), per stabilire gli standards per i MODEMS e per la trasmissione dei dati. Numerosi esperimenti condotti dalla CCITT indicano che le migliori caratteristiche di trasmissione si hanno quando la lar-

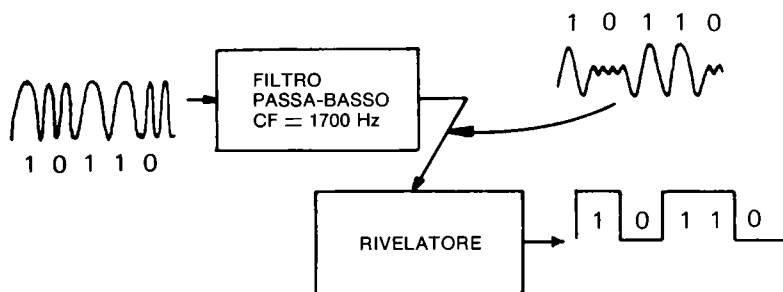


Figura 6-14. Metodo filtro di demodulazione FSK



ghezza di banda della trasmissione FSK è localizzata intorno alla frequenza centrale del canale vocale. Quando le frequenze mark e space sono equidistanti da un punto vicino al centro della banda, si hanno meno errori. La tabella 6-1 mostra le velocità di trasmissione e le frequenze raccomandate dalla CCITT nella sua pubblicazione "Supplements - Concerning Data Transmission", Blue Book, volume VIII, pubblicato nel 1964.

*Tabella 6-1. Velocità e frequenze CCITT*

<b>Velocità dei segnali</b>	<b>f Mark</b>	<b>f Centrale</b>	<b>f Space</b>
fino a 600 Baud	1300 Hz	1500 Hz	1700 Hz
fino a 1200 Baud	1300 Hz	1700 Hz	2100 Hz

La tabella 6-2 mostra la relazione tra alcune forme rappresentative dei segnali a due-stati nei diversi sistemi commerciali e nei mezzi di trasmissione. Questo d'accordo con le raccomandazioni CCITT, ma non tutti i costruttori seguono gli stessi metodi.

*Tabella 6-2. Rappresentazioni a due-stati*

<b>Codice</b>	<b>Digit 0</b>	<b>Digit 1</b>
AM	Segnale OFF	Segnale ON
FM o FSK	Alta Frequenza	Bassa Frequenza
c.c.	Positivo	Negativo
Telegrafia	Space o Start	Mark o Stop
Nastro di carta	Nessun Foro	Foro

## **TECNICI EDP E PROBLEMI DI TRASMISSIONE**

I tecnici normalmente non hanno a che fare con la maggior parte delle forme d'onda modulate. Essi non possono predire quali metodi di modulazione o quali vie saranno usate per trasmettere i segnali d'informazione. Essi devono prendere solamente in considerazione come punti di riferimento i segnali che appaiono ai terminali. Però la conoscenza delle tecniche di trasmissione è indirettamente di grande aiuto ai tecnici. Quando i segnali d'ingresso e d'uscita ai terminali differiscono radicalmente tra di loro, a causa della distorsione introdotta dal mezzo di trasmissione, i tecnici devono essere capaci di descriverne le probabili cause ed eliminarle. Per risolvere i problemi e correggere le deficienze dei circuiti in cooperazione con la società telefonica, i tecnici devono usare un numero di termini e frasi che descrivono nel miglior modo le condizioni delle forme d'onda nei punti esterni. L'uso effettivo di questo "vocabolario delle comunicazioni" dipende dalla loro conoscenza e comprensione dei molti fattori riguardanti la trasmissione dei segnali di trasmissione, compresi i metodi e le tecniche di modulazione.

## SOMMARIO

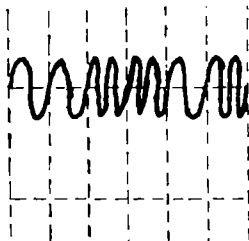
Ci sono molti modi per trasformare i segnali telefonici onde facilitarne la trasmissione. Questi modi implicano la imposizione dei segnali da trasmettere su una portante a frequenza più alta. Quando la frequenza portante viene fatta variare secondo l'ampiezza del segnale da trasmettere (modulante), il processo è chiamato modulazione di frequenza (FM). Quando l'ampiezza della portante varia secondo l'ampiezza del segnale modulante, il processo si chiama modulazione d'ampiezza (AM). Quando una delle bande laterali prodotta nel processo AM è filtrata dal segnale modulato, e la stessa portante è soppressa, il segnale risultante si chiama segnale a banda laterale singola (SSB). Entrambi i processi AM ed FM sono usati nei sistemi di comunicazione dei dati. I segnali digitali delle macchine EDP sono spesso trasmessi con una tecnica che implica la FM; questa tecnica trasforma i livelli c.c. dei segnali in frequenze portanti diverse.

## QUESITI

Le risposte ai quesiti che seguono sono elencate nell'Appendice III.

1. Che cosa è una "portante" in senso elettronico?
2. Che cosa accade normalmente alla portante dopo che la forma d'onda modulata è stata demodulata?
3. Quali sono i quattro metodi di modulazione descritti in questa sezione?
4. Quale parte di una forma d'onda AM rappresenta la forma d'onda originale modulante?
5. Quali sono le quattro frequenze presenti nella forma d'onda composta d'uscita da un mixer non lineare?
6. Quale parte di una forma d'onda FM rappresenta la forma d'onda originale modulante?
7. Perché la trasmissione FM produce un suono più fedele della trasmissione AM?
8. Qual'è il principale svantaggio della trasmissione FM rispetto alla AM?

9. Come si può produrre un segnale a banda laterale singola da una forma d'onda AM?
10. Quali sono i vantaggi della trasmissione SSB rispetto alla trasmissione AM?
11. Disegnate la forma d'onda c.c. che si ha all'ingresso del MODEM, che produce la forma d'onda FSK mostrata sotto.



12. La frequenza più alta della forma d'onda FSK è chiamata frequenza —————.
13. Durante gli intervalli di tempo in cui i dati non sono trasmessi il MODEM normalmente resta bloccato nella condizione —————.
14. Se 1200 Hz e 2200 Hz sono usati come frequenze FSK, qual'è la frequenza centrale della forma d'onda FSK e qual'è la sua larghezza di banda necessaria?
15. Perché nella produzione della FSK viene usato un oscillatore unico piuttosto che due oscillatori separati?
16. Qual'è la funzione del demodulatore del MODEM?
17. Elencate i vantaggi che si hanno nel convertire i livelli c.c. di dati in segnali FSK per trasmetterli attraverso circuiti telefonici.



## CAPITOLO 7

# SISTEMI PER PORTANTI FONDAMENTALI

Le società telefoniche normalmente combinano insieme molti canali vocali nella trasmissione attraverso le reti interurbane. Queste società hanno condotto (in passato) ricerche di nuove tecniche per consentire trasmissioni simultanee di due conversazioni diverse su una stessa coppia di fili. E ci riuscirono. Oggi possono passare su uno stesso mezzo di trasmissione contemporaneamente molte conversazioni, indipendentemente se tale mezzo è un circuito a fili o a ponte radio.

Il risultato è stato una riduzione del costo di costruzione di nuovi impianti ed un più efficiente ed economico impiego di quelli già esistenti. I singoli abbonati sono serviti meglio con un minor costo ed a causa dell'aumentato numero di canali disponibili vengono serviti un numero maggiore di abbonati.

L'apparato usato nei circuiti telefonici per combinare insieme i canali vocali si chiama "sistema terminale per portanti". Il processo di combinazione dei canali è detto "multiplicazione" (multiplexing). Il sistema per portanti lontano serve a demultiplicare (per superare) i canali dopo che è finita la trasmissione.

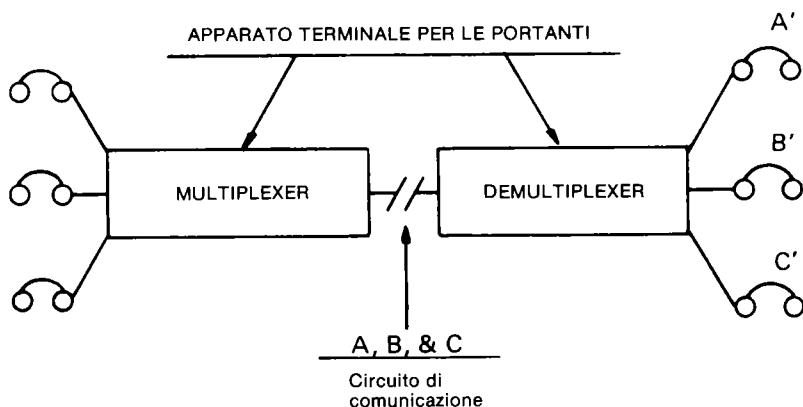


Figura 7-1. Sistema fondamentale multiplex

Gli apparati terminali sono sistemati o nei quadri di commutazione o nelle centrali. La figura 7-1 mostra il concetto fondamentale di combinazione dei canali d'informazione usando il sistema per portanti.

Ci sono due metodi principali per moltiplicare i canali d'informazione. Essi sono chiamati moltiplicazione a divisione di frequenza (FDM) e a divisione di tempo (TDM). Il TDM è normalmente usato soltanto nei cavi sottomarini, e possibilmente nelle comunicazioni via satellite. L'FDM è il metodo più comune.

## MULTIPLEX A DIVISIONE DI TEMPO

Il processo di moltiplicazione a divisione di tempo è mostrato nella figura 7-2. Il segnale di trasmissione "A", composto dagli elementi "aaa..." deve essere trasferito in A'. Il segnale "B", composto dagli elementi "bbb..." deve essere trasferito in B'. La tecnica TDM divide ogni segnale di trasmissione in piccoli incrementi finiti di tempo, e invia alternativamente una parte di ognuno di essi nel circuito. Il demultiplexer (demoltiplatore) è sincronizzato con l'apparato trasmettente e applica alternativamente la parte ricevuta di ciascun segnale a linee separate.

Un sistema normale TDM "campiona", ad alta velocità, ciascuna forma d'onda di trasmissione e ricostruisce nel demultiplexer la forma d'onda attraverso un processo di filtrazione. Supponete che il segnale "A" sia diviso in 100 campioni. Nell'intervallo di tempo in cui un campione di "B" è applicato al circuito, non si tiene conto del corrispondente campione di "A". Soltanto metà dei totali campioni di ciascun segnale sono trasmessi.

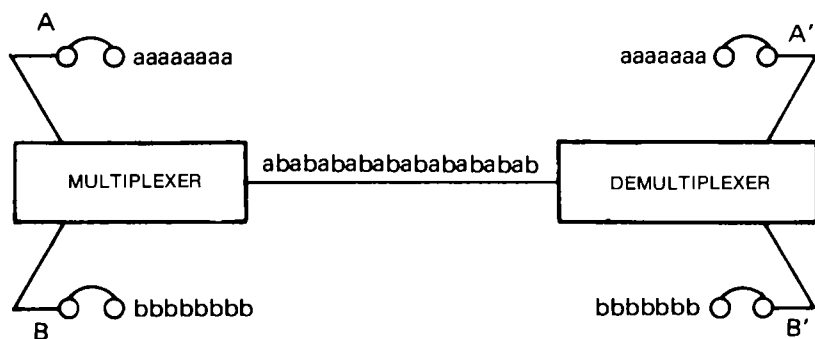


Figura 7-2. Moltiplicazione e demoltiplicazione a divisione di tempo

## MULTIPLEXER A DIVISIONE DI FREQUENZA

I segnali moltiplicati a divisione di frequenza non sono soggetti alla distorsione che si trova nei segnali TDM. Questa è la ragione principale per cui i sistemi FDM sono più comuni dei sistemi TDM.

Nella moltiplicazione a divisione di frequenza, una banda di frequenza (un canale) è posto in posizione diversa nello spettro di frequenza. Questo canale è poi combinato con altri che, nello spettro di frequenza, sono stati trasposti in posizioni diverse. I

canali combinati insieme sono trasmessi attraverso il circuito di comunicazione e, all'altro capo del circuito, sono separati da un demultiplexer a divisione di frequenza. Nella demultiplicazione si ha un processo inverso, in cui i segnali multiplati sono separati e trasposti indietro nelle loro originali posizioni nello spettro di frequenza.

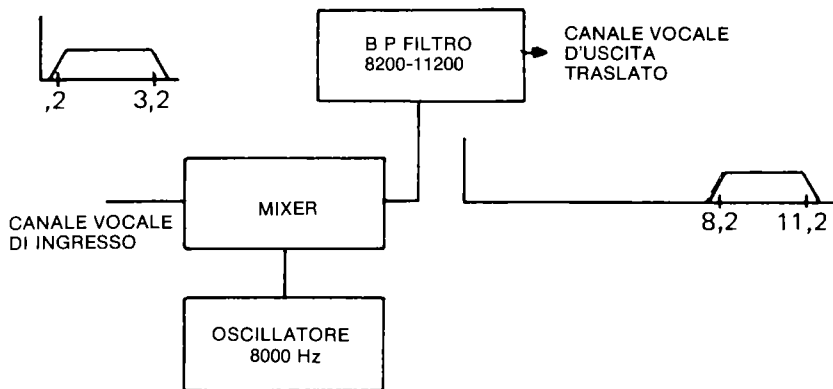


Figura 7-3. Cambiamento della posizione di un canale d'informazione

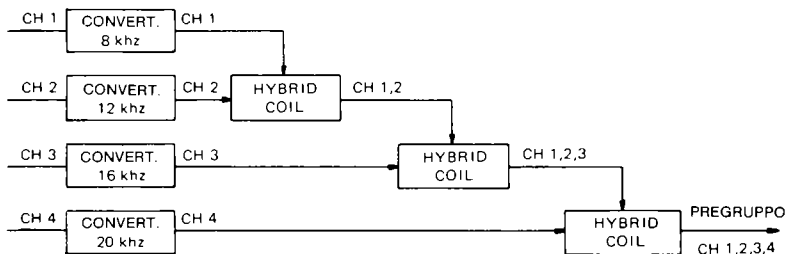


Figura 7-4. Generazione dei quattro canali di un pregruppo

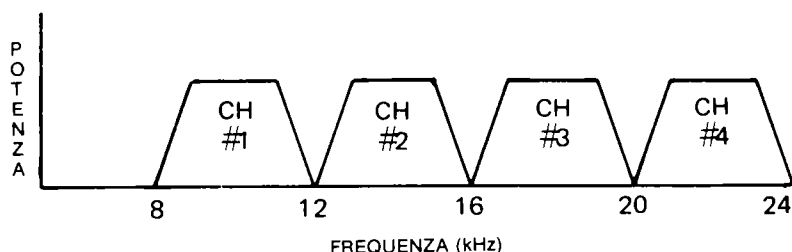
La figura 7-3 mostra un circuito oscillatore-mixer che produce le frequenze originali, la somma e la differenza con un eterodina (miscelazione non lineare). I segnali d'uscita sono applicati ad un filtro passabanda che seleziona soltanto le frequenze somma tra 8200 Hz e 11200 Hz. L'operazione è identica alla generazione dei segnali a banda laterale superiore, salvo che la portante a 8000 Hz non è una frequenza radio AM o FM.

I canali vocali possono essere trasposti in ogni altra posizione nello spettro di frequenza, usando oscillatori idonei e filtri passa banda. Quando due o più canali vocali sono stati trasposti in posizioni differenti nello spettro di frequenza, il multiplexer a divisione di frequenza li combina insieme in modo che non interferiscano tra loro. Questo è ottenuto usando mixer *lineari* speciali chiamati "hybrid coils". Essi combinano le frequenze dei canali vocali trasposti senza eterodinaggio.

Nella figura 7-4 l'oscillatore, il mixer ed i filtri passabanda sono stati riuniti in un unico blocco per ogni canale. Questa combinazione di circuiti si chiama convertitore.

Ogni convertitore (converter) produce un canale USB. Ogni canale USB occupa una sezione dello spettro di frequenza situata da 200 a 3200 Hz al di sopra della frequenza dell'oscillatore di quel canale.

I canali 1 e 2 sono trasposti dai loro rispettivi converters e combinati in una forma d'onda composta dal circuito ibrido. Canali addizionali si aggiungono usando un circuito idrico (bobina ibrida) per ognuno. Quando sono stati aggiunti in questa maniera quattro canali, la forma d'onda composta è chiamata "pregruppo".



*Figura 7-5. Disposizione dei canali in un pregruppo*

La figura 7-5 mostra la dislocazione dei quattro canali del pregruppo nello spettro di frequenza. Il pregruppo occupa una larghezza di banda di 16 kHz, e ha una banda passante da 8 a 24 kHz. L'informazione di ciascun canale è separata dai segnali di trasmissione degli altri canali, perché è dislocata in parti diverse dello spettro. Quando i canali sono combinati insieme dal circuito ibrido, le frequenze somma e differenza, che potrebbero interferire con i canali adiacenti, non vengono prodotte.

### **GRUPPI, SUPERGRUPPI E MASTERGRUPPI (GRUPPI PRINCIPALI)**

Il procedimento di trasporre una banda di frequenze in una nuova posizione dello spettro è chiamato "traslazione di frequenza". I canali traslati sono combinati dal multiplexer.

È pratica comune di operare una moltiplicazione su tre pregruppi, come mostrato in figura 7-6. Ciascuno dei tre pregruppi è traslato in frequenza in una posizione diversa. La combinazione di 12 canali si chiama "gruppo" ed è composta di tre pregruppi separati, contenenti ciascuno quattro canali.

I 12 canali di un gruppo occupano una larghezza di banda di 48 kHz una banda passante da 60 a 108 kHz. Le frequenze portanti dei singoli canali sono distanti dalle portanti adiacenti 4 kHz. Un canale vocale di 3 kHz occupa una parte dello spettro di frequenza compreso tra le posizioni delle frequenze portanti. Nella moltiplicazione dei pregruppi, le frequenze portanti e i filtri passabanda sono progettati per selezionare i segnali di trasmissione a banda laterale inferiore. L'uso di sistemi a banda laterale superiore o inferiore dipende dal particolare progetto del sistema per portanti del costruttore; non importa quali sono usati, purché nel processo di demoltiplicazione siano usate le stesse frequenze portanti e le stesse bande laterali.



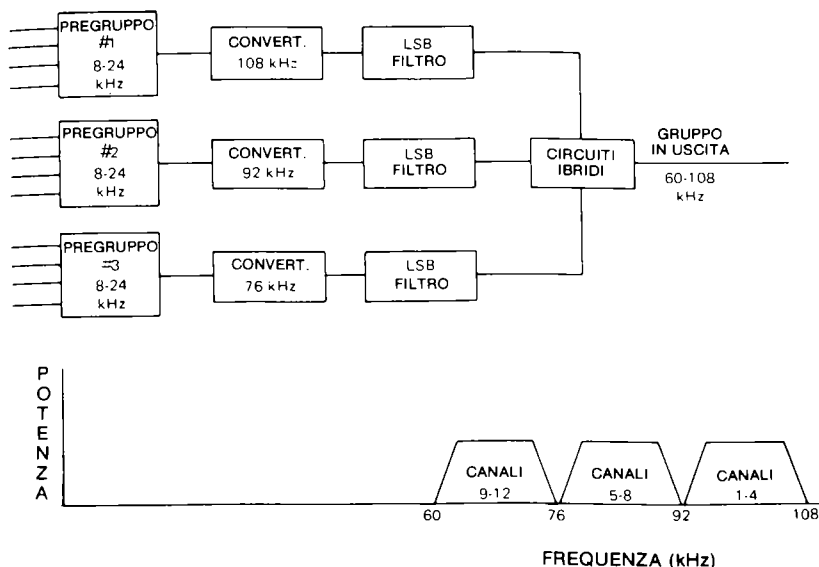


Figura 7-6. Formazione di un gruppo

I singoli canali sono traslati e combinati per formare bande di frequenza più grandi chiamate pregruppi. Tre pregruppi sono poi traslati e combinati per formare i gruppi. In un altro passo della moltiplicazione l'apparato terminale portante combina 5 gruppi in un "supergruppo". Ciascun supergruppo è composto di 60 canali vocali. Il passo finale della moltiplicazione combina 10 supergruppi, di 60 canali ognuno, in un "mastergruppo". Ciascun passo del processo di moltiplicazione usa idonee frequenze portanti e filtri passabanda che posizionano i 600 canali, ognuno nella dislocazione voluta dello spettro di frequenza. Un mastergruppo (600 canali) è composto di 10 supergruppi (60 canali ciascuno), che a loro volta sono costituiti da 5 gruppi (di 12 canali ciascuno). Ogni gruppo è costituito di 3 pregruppi (di 4 canali ciascuno). La figura 7-7 mostra la relazione di ciascun passo del processo di moltiplicazione. Notate che la scala della frequenza è diversa in ogni parte del diagramma.

Molte società costruiscono apparati terminali per portanti.

Alcune di queste sono la Western Electric, la Collins Radio, la General Electric e la Lenkurt. Le frequenze portanti, i filtri di selezione della banda laterale, il numero di canali per passo del processo di moltiplicazione e la terminologia (gruppi, ecc.) variano con i costruttori, ma il risultato finale dei processi è simile. Ognuno combina un certo numero di canali per la trasmissione e, prima di applicarli alle linee riceventi degli abbonati, li separa. Gli esempi qui usati per illustrare il processo di moltiplicazione a divisione di frequenza di canali in mastergruppi sono come quelli che si hanno negli apparati per portante Lenkurt tipo 46.

Il processo di demoltiplicazione è l'inverso di quello che si ha nella combinazione dei canali. Idonei segnali portanti sono eterodinizzati con i segnali composti. I filtri passa banda selezionano le bande laterali desiderate e rigettano tutte le altre frequenze.

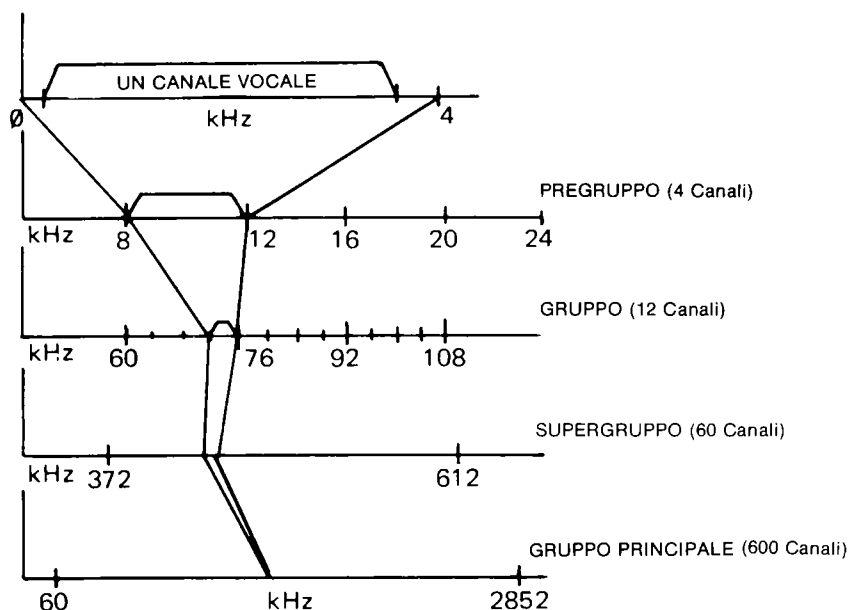


Figura 7-7. Dislocazione di un canale in un mastergruppo

Ciascun passo del processo di demultiplazione produce i corrispondenti supergruppi, gruppi, pregruppi e finalmente i 600 canali singoli, ognuno su una coppia separata di fili. Le figure da 7-8 a 7-11 mostrano i passi nella demultiplazione del mastergruppo nella forma originale.

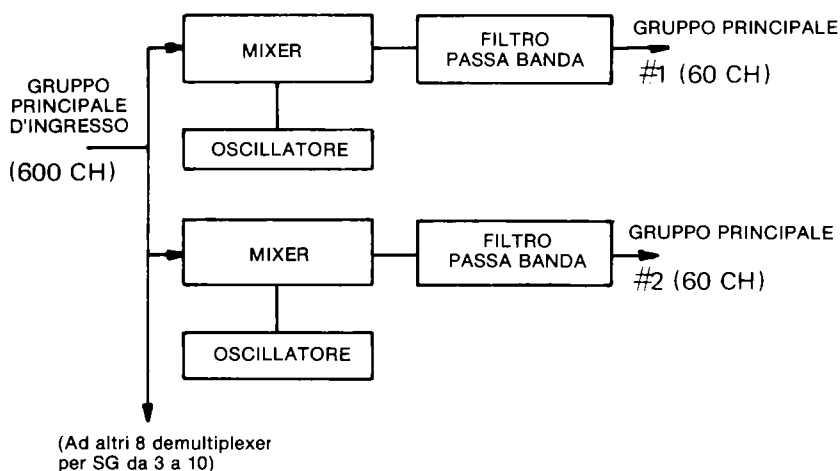
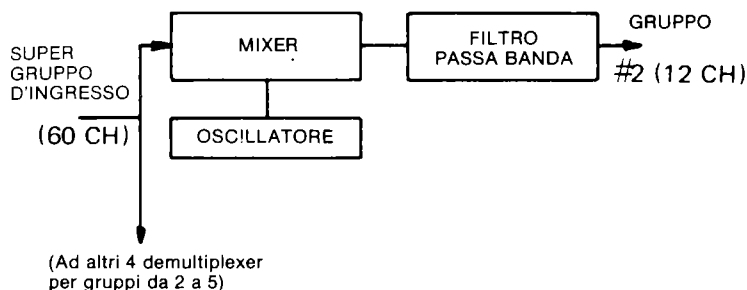
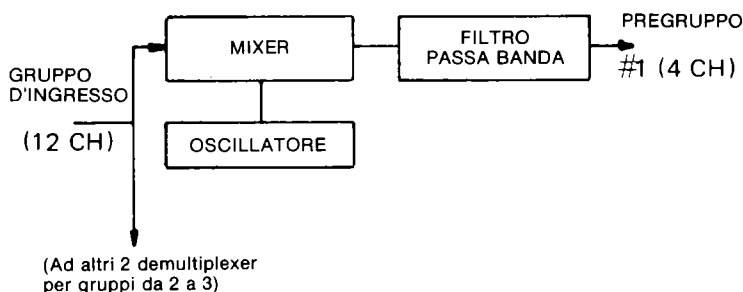


Figura 7-8. Demultiplazione di un mastergruppo in un supergruppo



*Figura 7-9. Demultiplazione di un supergruppo di un gruppo*



*Figura 7-10. Demultiplazione di un gruppo in un pregruppo*

Un confronto tra la figura 7-4 e la 7-11 fa vedere che sono usate identiche frequenze portanti nel processo di demultiplazione. Quando l'oscillatore del canale 1 (8 kHz) è eterodinizzato con le molte frequenze presenti nel pregruppo, si producono tutte le possibili frequenze somma e differenza. Il filtro a banda vocale impedisce il passaggio di tutte le frequenze, eccetto quelle che rappresentano il segnale di trasmissione contenuto nel canale 1 originale.

Il canale 1 può contenere un segnale vocale, il canale 2 un segnale di telefoto, il canale 3 un segnale di telescrivente e il canale 4 un segnale di computer. Questi passeranno simultaneamente attraverso l'apparato terminale per portanti e i sistemi interurbani, senza influenzarsi, e saranno riprodotti nella forma originale nei terminali d'uscita dell'apparato portante. L'apparato di commutazione automatico nei centralini interurbani e le centrali all'estremità del circuito assicurano che i singoli canali siano correttamente collegati ai loro rispettivi punti finali.

Se l'apparato terminale per portanti fornisce 600 canali, tali canali sono sempre presenti, sia se vengono usati, sia se non lo sono. Tutti i 600 canali non saranno occupati simultaneamente finché il volume del traffico di trasmissione non raggiunge le 600 chiamate simultanee. Il chiamante successivo sentirà un segnale che significa che la linea è occupata.

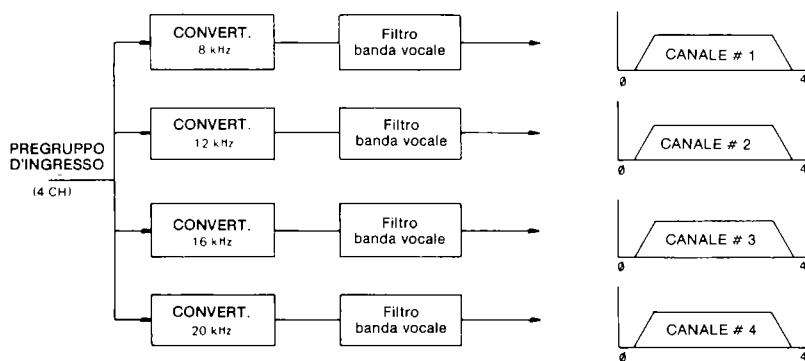


Figura 7-11. Demultiplazione di un pregruppo nei canali vocali originali

Un circuito telefonico può essere composto da molti tipi di mezzi di trasmissione. Ciascun tipo di mezzo di trasmissione ha una larghezza di banda limitata, e quindi il numero di canali che possono essere applicati è limitato. La tabella della figura 7-12 elenca il numero massimo di canali a frequenza vocale per sistema per portante in alcuni mezzi di trasmissione.

Questa spiegazione degli apparati terminali portanti ha di proposito non considerato un certo numero di circuiti e funzioni circuitali, come i circuiti e segnali di ricerca e chiamata, segnali d'abbonato e di linea occupata e circuiti speciali che mantengono i livelli corretti di funzionamento e la stabilità in frequenza dei segnali.

### Sistema di trasmissione

### Massima capacità di canale vocale

Circuiti radio a microonde .....	1800
Cavi coassiali .....	1800
Cavi sottomarini .....	128
Cavi interurbani multiconduttore a 4 fili .....	24
Linee con l'estremità aperta .....	16
Collegamenti radio VHF .....	12

Figura 7-12. Capacità dei sistemi portanti

## **SISTEMI CHE USANO LA RETE PUBBLICA DI COMMUTAZIONE**

Un nuovo genere di macchine commerciali è stato studiato per l'impiego con la rete pubblica di commutazione; sono i sistemi "dial-up". Questi sistemi funzionano con combinazione manuale o automatica che stabilisce il circuito, dopo che la macchina commerciale è stata collegata e si ha il trasferimento dei dati. L'apparato di com-

mutazione automatica delle centrali non sempre porta i segnali, provenienti da uno stesso punto, allo stesso tronco di linea. Esso li invia nel canale disponibile. Questo canale può essere il canale 1 o il canale 600, o qualunque altro canale intermedio, in dipendenza del traffico istantaneo di comunicazioni. Ne risulta che usando gli apparati commerciali dial-up è impossibile avere risultati prevedibili al 100%. Può essere usato un canale di scarsa qualità non accettabile per la trasmissione dei dati, come può essere usato uno completamente accettabile.

Un altro problema nella trasmissione dei dati si ha per la diversità di qualità dei circuiti di moltiplicazione. Nei canali degli apparati portanti i segnali non interferiscono normalmente tra di loro. Ma un filtro assoluto perfetto non esiste e i prodotti spuri del mixer non sono completamente eliminati dai filtri. Tali segnali indesiderati non interferiscono sempre allo stesso modo con gli altri canali. La quantità di interferenza dipende da alcune variabili come il tipo del circuito, l'età dei componenti elettrici, l'ampiezza dei diversi segnali da trasmettere e perfino un certo grado di fluttuazione delle tensioni c.a. e c.c. che alimentano l'apparato portante. Quindi molti fattori influenzano la previsione sulla qualità del canale, e ognuno di tali fattori può causare problemi alla trasmissione dei dati.

## SOMMARIO

Si usano due tecniche comuni di moltiplicazione. Si chiamano *multiplex a divisione di tempo* e *multiplex a divisione di frequenza*.

Quando i segnali d'informazione sono TDM, sono divisi in tempo. Campionamenti di ogni segnale vengono trasmessi sul circuito e le forme d'onda dei segnali da trasmettere sono ricostruiti dopo la trasmissione. Questo procedimento ha applicazioni limitate a causa della distorsione inerente.

Quando i segnali d'informazione sono FDM, sono traslati in nuove posizioni nello spettro di frequenza.

I canali sono riuniti in circuiti ibridi speciali per impedire la formazione di prodotti di eterodinaggio che i mixer producono normalmente. Le forme d'onda composite trasmesse attraverso le reti interurbane contengono molti segnali diversi di trasmissione. I canali sono separati nella demoltiplicazione, un'operazione opposta alla moltiplicazione.

## QUESITI

Le risposte ai seguenti quesiti sono riportate nell'Appendice III.

1. Spiegate il significato del termine "moltiplicazione".
2. Quali due tecniche di moltiplicazione sono usate nei circuiti telefonici?
3. Dov'è l'apparato terminale per portante dei sistemi telefonici?

4. Quali operazioni compiono gli apparati terminali per portante?
5. Elencate i tre circuiti necessari per la traslazione della frequenza.
6. Perché sono usate le bobine ibride nella combinazione dei canali traslati?
7. Perché il processo di demultiplazione a divisione di frequenza deve usare le stesse frequenze portanti usate nel processo di multiplazione?
8. Descrivete la funzione dei filtri passa banda in un sistema multiplex a divisione di frequenza.
9. Quale apparato è responsabile di assicurare che i singoli canali del sistema per portante siano correttamente collegati ai rispettivi punti finali?
10. Perché c'è un limite al massimo numero di canali che possono essere applicati ad un dato mezzo di trasmissione, quando i canali sono multiplati a divisione di frequenza?
11. È possibile combinare in un unico mezzo di trasmissione 1800 canali vocali?

## CAPITOLO 8

# CARATTERISTICHE FONDAMENTALI DI UNA LINEA DI TRASMISSIONE

Il più semplice canale di comunicazione è costituito da due fili. Esso è un circuito elettrico attraverso cui vengono trasferiti i segnali. Nella maggior parte delle applicazioni il filo è considerato un conduttore quasi perfetto. Le caratteristiche del filo sono trascurabili. Tali caratteristiche, però, nei circuiti di comunicazione, devono essere prese in considerazione.

Quando la lunghezza della linea di trasmissione raggiunge un valore apprezzabile, le caratteristiche diventano significative, poichè influenzano direttamente la qualità del canale. Esse devono essere considerate per ottenere una comunicazione soddisfacente nel canale.

Le tre caratteristiche fondamentali di una linea di trasmissione a fili sono la resistenza, la reattanza e l'impedenza.

### RESISTENZA

Ogni conduttore, ogni isolante o qualsiasi materiale offre una certa quantità di resistenza al fluire delle correnti elettriche. È necessaria una tensione od una forza elettromotrice per vincere la resistenza e far fluire la corrente. Quando ciò accade, il passaggio di corrente nella resistenza produce calore. L'ammontare del calore è chiamato potenza ed è espresso in Watt. La tensione e la potenza si ripartiscono in un circuito serie secondo il rapporto delle resistenze.

In una linea di trasmissione lunga, la resistenza del filo diviene una quantità apprezzabile rispetto alla resistenza totale del circuito serie. La potenza sviluppata dalla resistenza di linea è potenza perduta per la potenza d'uscita, che è quella che interessa. Nella figura 8-1, un filo con resistenza di  $5 \Omega$  per Km viene usato per collegare una batteria da 100V a 10 diverse lampadine da 100W situate a 1 Km dalla sorgente. Poichè la lunghezza del filo usato è di 2 Km, la resistenza totale di linea è uguale a  $10 \Omega$ .

Semplici formule elettroniche mostrano che la potenza totale sviluppata nel circuito è di 500W. Metà di tale potenza, 250W, è sviluppata dalla resistenza del filo ed è sprecata.

I restanti 250W sono divisi tra le 10 lampadine del circuito; ogni lampadina, perciò, sviluppa soltanto 25W di potenza, invece dei 100W stabiliti.

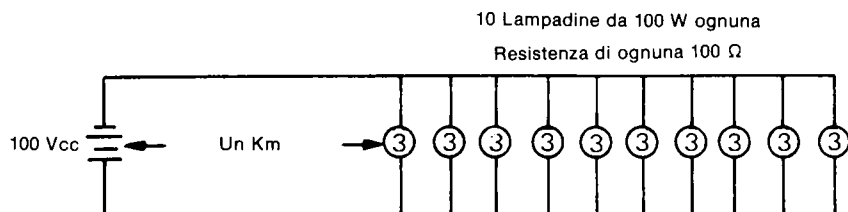


Figura 8-1. Esempio dell'effetto della resistenza di linea

La resistenza del filo dipende da molti fattori, uno di essi è il tipo di materiale o metallo usati per costruire il conduttore. La tabella 8-1 riporta le resistenze di alcuni metalli riferite al rame. Il rame è il materiale usato più comunemente, è accettato come standard di confronto ed ha una resistenza relativa pari a 1.

Il filo d'acciaio, che è necessario avendo una resistenza alla rottura più alta, presenta maggiori perdite di potenza del filo di rame di uguali dimensioni.

Tabella 8-1. Resistenza relativa dei metalli comuni

<u>Conduttore</u>	<u>Resistenza relativa</u>
Argento	0,92
Oro	1,38
Alluminio	1,59
Acciaio	8,62

Anche la lunghezza ed il diametro dei fili influenzano le perdite di potenza. Se si aumenta l'area della sezione trasversale di un filo di data lunghezza, la resistenza si abbassa.

D'altro canto, se il diametro è tenuto costante ed è aumentata la lunghezza, la resistenza totale aumenterà proporzionalmente. Per esempio, se 1 Km di filo ha 3  $\Omega$  di resistenza, 5 Km dello stesso filo avranno 15  $\Omega$  di resistenza. L'Appendice I contiene una tabella di resistenze e portate di corrente per le dimensioni standard dell'American Wire Gauge (AWG) per i conduttori di rame.

Allorchè aumenta la frequenza dei segnali c.a. applicati al conduttore, la corrente tende a portarsi sulla superficie, allontanandosi dal centro fisico del filo. Poichè in questo modo si usa un'area della sezione trasversale più piccola, la resistenza effettiva del filo aumenta proporzionalmente all'aumento di frequenza.\*

La resistenza del filo è normalmente misurata per unità di lunghezza, per esempio, ohm per migliaia di centimetri, per chilometri, per miglio o loop di miglio. Un loop di miglio è un termine che descrive due fili che collegano due punti posti lontano un miglio.

---

\* Questo fenomeno è chiamato "effetto pelle" e diviene importante nei sistemi con portanti.



La tabella 8-2 riporta la resistenza per unità di lunghezza per alcune dimensioni di conduttori comuni usati nei sistemi telefonici negli S.U.

Perfino linee relativamente corte (poche migliaia di centimetri) possono avere sufficiente resistenza serie da causare un funzionamento ridotto del circuito, specialmente se il filo è di diametro molto piccolo. I conduttori a diametro piccolo possono anche essere poco sicuri, poichè possono sviluppare un calore sufficiente per innescare un incendio che può perfino distruggerli.

*Tabella 8-2. Dimensioni di alcune linee telefoniche comuni*

Tipo di circuito	AWG	Diametro	Resistenza $\Omega$	
			1000'	Loop Mile
Linea d'abbonato	22	1,0	16	
Linea d'abbonato	24	0,79	25	
Linea d'abbonato	26	0,625	40	
Linea interurbana	19	1,42	8	
Linea intercentrale	19	1,42	8	
Linea aperta				
(rame)	10	4		6,7
(rame)	12	3		10,2
(acciaio ricoperto di rame)	12	3		25
(acciaio ricoperto di rame)	14	2		44

## REATTANZA

Una seconda proprietà delle linee a due fili, importante nei circuiti di comunicazioni, è la reattanza. La reattanza è indicata con il simbolo "X" e misura la resistenza al fluire della corrente alternata.

Il valore della reattanza è espresso in ohm. I due tipi di reattanza sono quelli prodotti dalle bobine (reattanza induttiva o  $X_L$ ) e dai condensatori (reattanza capacitiva o  $X_C$ ).

Tutti i fili hanno una certa induttanza. Essa è considerata essere in serie con il filo ed aumenta proporzionalmente alla lunghezza del filo. Oltre una certa lunghezza, la linea di trasmissione può essere divisa in "segmenti di linea" o "sezioni" ognuna avente una quantità fissa di induttanza e ognuna identica alle altre sezioni. Ciò è schematicamente mostrato nella figura 8-2.

La formula per la reattanza induttiva è

$$X_L = 2 \pi f L$$

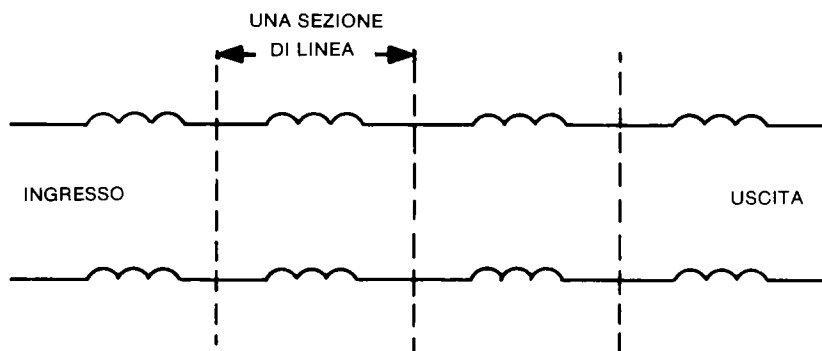


Figura 8-2. Rappresentazione dell'induttanza nelle sezioni di linea

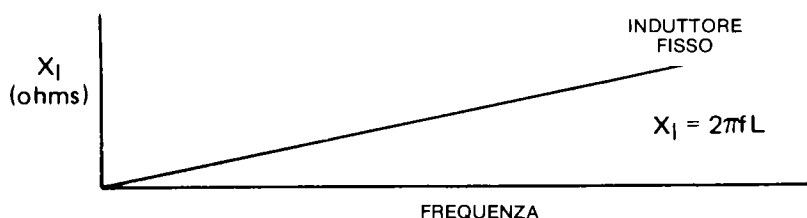


Figura 8-3. Andamento della reattanza induttiva

dove  $2\pi$  è una costante,  $f$  è la frequenza ed  $L$  è l'induttanza in henry. L'andamento di  $X_L$  in funzione della frequenza per un induttore fisso è mostrato nella figura 8-3.

Nel grafico, la resistenza al fluire della corrente ( $X_L$ ) aumenta all'aumentare della frequenza. Supponete che un segnale c.a. ad ampiezza fissa sia applicato alla linea lunga di trasmissione della figura 8-2 e che la frequenza del segnale sia costantemente aumentata, mentre l'ampiezza sia tenuta costante. Aumentando la frequenza si provoca un aumento della reattanza induttiva, riducendo in tal modo l'ampiezza o la tensione del segnale d'uscita. Quando sono applicati segnali ad alta frequenza si hanno perdite nella linea di trasmissione a causa della sua semi-induttanza inerente.

Tutti i fili presentano anche una certa capacità tra di essi. Questa capacità produce una reattanza capacitiva. Un condensatore è definito come l'insieme di due conduttori separati da un dielettrico, e la linea di trasmissione è costituita da due conduttori separati da un dielettrico. Come mostrato nella figura 8-4, un circuito può essere diviso in sezioni di linea contenenti quantità fisse di capacità. Dalla figura si vede come i condensatori formati tra i due fili di ciascuna sezione della linea di trasmissione siano in parallelo tra di loro.

La formula per la reattanza capacitiva è

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

dove  $2\pi$  è ancora una costante,  $f$  è la frequenza e  $C$  è la capacità in farad. L'andamento di  $X_c$  in funzione della frequenza è mostrato in figura 8-5. La capacità non varia.

Il grafico della figura 8-5 non è lineare. Allorché la frequenza aumenta, i condensatori si avvicinano alla condizione di corto-circuito. La resistenza al fluire della corrente diminuisce all'aumentare della frequenza, ma la formula ed il grafico indicano che la corrente che fluisce *non* è in serie con i fili. Essa fluisce invece *tra* di essi. Il risultato è simile all'effetto che provoca la reattanza induttiva. I segnali a frequenza più alta sono ridotti in ampiezza all'uscita. Ma questa volta è la riduzione di  $X_c$ , che tendendo a cortocircuitare i due conduttori, causa la riduzione in ampiezza dei segnali in uscita.

"Le perdite in linea" (perdite di potenza) nella linea di trasmissione si hanno a tutte le frequenze a causa della resistenza del filo, ed esse aumentano quando si trasmettono frequenze più alte, a causa delle reattanze del filo. L'ultimo effetto viene chiamato "risposta scadente ad alta frequenza" ed è significativo per le linee di trasmissione lunghe.

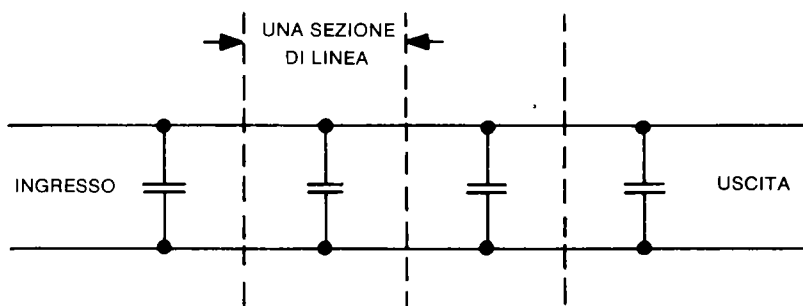


Figura 8-4. Rappresentazione della capacità nelle sezioni di linea

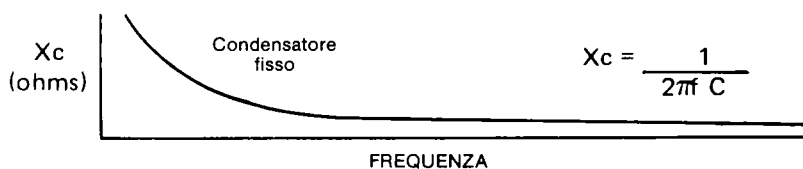


Figura 8-5. Andamento della reattanza capacitiva

## IMPEDENZA

L'impedenza è una terza caratteristica importante delle linee a filo. L'impedenza è un numero che è rappresentato con la lettera " $Z$ " ed è espresso in ohm. Essa è una *combinazione* della resistenza e della reattanza della linea di trasmissione ed è data dalla seguente formula:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}$$

dove  $R$  è la resistenza di una sezione di linea e  $X$  indica le rispettive reattanze. La figura 8-6 è una rappresentazione schematica di una linea di trasmissione induttiva e capacitiva e mostra gli elementi che contribuiscono all'impedenza della linea.

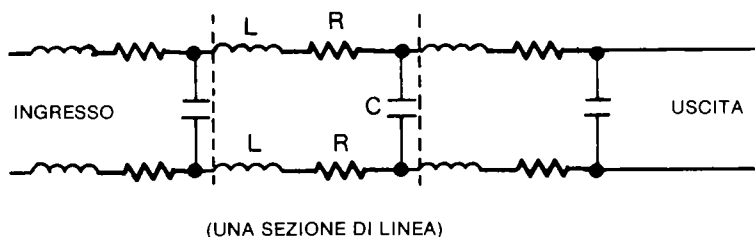


Figura 8-6. Elementi dell'impedenza delle linee di trasmissione a fili

Lo studio della formula e della figura può condurre ad alcune conclusioni interessanti sull'impedenza della linea di trasmissione. Per esempio, supponete che  $X_L$  sia uguale a  $X_C$ .

Dalla formula si ha che l'impedenza della linea ( $Z$ ) è uguale alla resistenza della linea ( $R$ ). Per cui, l'impedenza *minima* di ogni sezione di linea di trasmissione deve essere uguale alla resistenza di quella sezione di linea.

Ogni differenza tra  $X_L$  ed  $X_C$  porta ad una  $Z$  più grande di  $R$ .

Un ulteriore studio della formula rivela che la  $Z$  dipende dalla frequenza. Poiché il valore di  $Z$  dipende in parte da  $X_L$  ed  $X_C$  e poiché ciascuna di queste varia con la frequenza, l'impedenza di una linea di trasmissione deve variare anche con la frequenza. Se si conoscono i valori della resistenza, della induttanza e della capacità di una particolare coppia di cavi (due fili di un cavo multiconduttore), si può costruire un grafico della impedenza in funzione della frequenza, e si ha una curva simile a quella della figura 8-7.

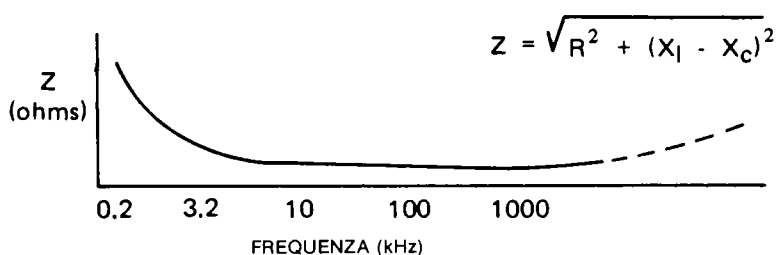


Figura 8-7. Curva tipica impedenza/frequenza per i cavi

L'impedenza della linea varia molto di più nella regione delle frequenze vocali che alle frequenze più alte. L'impedenza della linea varia considerevolmente *entro* la banda vocale. È naturale allora che ogni *valore* dell'impedenza della linea di tra-

missione sia posto *in riferimento* a una certa frequenza. Dire che una linea di trasmissione ha una impedenza di  $600\ \Omega$  non descrive esattamente il comportamento della linea in tutte le frequenze vocali. Una descrizione più precisa è quella di dire che l'impedenza è di " $600\ \Omega$  a  $1000\ \text{Hz}$ ", poiché questa descrizione definisce un particolare punto di funzionamento o una particolare caratteristica della linea.

Le impedenze della linea di trasmissione nei circuiti delle società telefoniche variano grandemente. Le linee aperte all'estremità, i cavi multiconduttori ed i cavi coassiali mostrano ciascuno una impedenza differente ai segnali c.a. Comunque, l'impedenza delle linee d'abbonato che collegano i punti estremi è stata standardizzata a  $500$ ,  $600$  o  $1000\ \Omega$  quando la frequenza di riferimento è  $1000\ \text{Hz}$ . Per le ragioni che appariranno chiare in seguito, è quasi universalmente accettato come standard il valore  $600\ \Omega$  a  $1000\ \text{Hz}$ .

Tipi diversi di linea hanno impedenze diverse. La resistenza del filo dipende dalla sua lunghezza, dal diametro e dal materiale usato per costruirlo. L'induttanza è quella proprietà dei conduttori che tende ad opporsi ad ogni cambiamento dei campi magnetici esistenti intorno al filo e che dipende da molte variabili quali la dimensione del filo, la forma, la quantità di corrente istantanea che fluisce e la vicinanza di altri conduttori. La capacità è anche una variabile e dipende dalla dimensione totale dei conduttori, dalla dimensione relativa di ognuno rispetto all'altro, dallo spazio esistente tra i conduttori e dal tipo di dielettrico che li separa.

Tenendo conto di ciò, è chiaro che le impedenze delle linee di trasmissione sono diverse per i cavi coassiali, i cavi multiconduttori e le linee aperte ad un'estremità. Perfino i circuiti cablati che usano lo stesso scartamento e la stessa lunghezza hanno impedenze diverse se lo spazio tra ciascuna coppia di fili non è lo stesso.

Una linea teorica è divisa in segmenti, ognuno identico all'altro. Se l'impedenza di una sezione di linea è fissa, ne segue che l'impedenza della linea sarà costante indipendentemente dal numero di sezioni della linea o dal punto della linea preso come riferimento per le misure. Se una coppia di cavi è progettata per essere usata a  $600\ \Omega$ , essa presenterà un'impedenza di  $600\ \Omega$  ai terminali d'ingresso e d'uscita, ed in ogni punto lungo la linea.

## **ADATTAMENTO DELL'IMPEDENZA**

Gli abbonati hanno gli apparecchi collegati fisicamente ed elettricamente all'estremità delle linee telefoniche o forse ai lunghi circuiti "in-house" che non appartengono alla società telefonica. I circuiti d'ingresso e d'uscita degli apparecchi hanno anche impedenze caratteristiche e non è importante normalmente sapere se esse siano reattive o resistive. Ciò che è importante è il valore dell'impedenza. Le impedenze della linea di trasmissione non possono essere prese in considerazione finché la linea non è correttamente completata. Cioè la linea deve avere le impedenze giuste collegate agli estremi d'ingresso e d'uscita per assicurare una trasmissione di segnale sufficiente.

Nella maggior parte dei casi uno degli obiettivi della trasmissione è il trasferimento dei segnali sulla linea di trasmissione con una perdita di potenza minima. Si ha il massimo trasferimento di potenza quando le impedenze sono adattate.

Le linee di trasmissione presentano massima efficienza e minima perdita di potenza quando le impedenze d'ingresso e di uscita sono uguali e quando la linea di trasmissione è stata progettata per queste impedenze. Quando un apparecchio è collegato alle linee di trasmissione bisogna che il tecnico deva assicurarsi che le linee siano caricate in modo idoneo e sapere che una riduzione in ampiezza del segnale nei terminali d'uscita della linea può essere causata dal disadattamento delle impedenze.

Forse il miglior modo per mostrare l'importanza dell'adattamento d'impedenza per il trasferimento di potenza è di servirsi di un'altro esempio. Supponete che esista una linea di trasmissione teoricamente perfetta (senza perdite). L'esempio che segue mostra l'effetto del disadattamento di impedenze fatto intenzionalmente e fa vedere ciò che succede alla potenza nell'estremità d'uscita. L'esempio è valido per le tensioni c.c. ma lo stesso effetto vale per i segnali c.a. La figura 8-8 mostra un circuito ipotetico quando l'impedenza è adattata. L'impedenza della sorgente e del carico sono  $600\ \Omega$ .

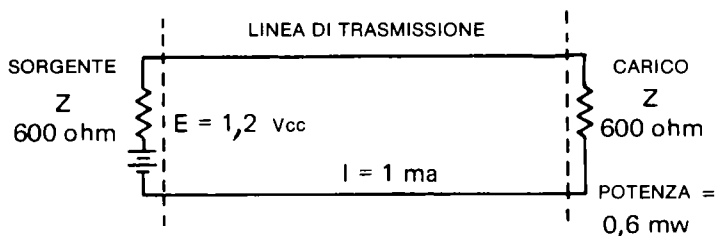


Figura 8-8. Circuito con impedenza adattata

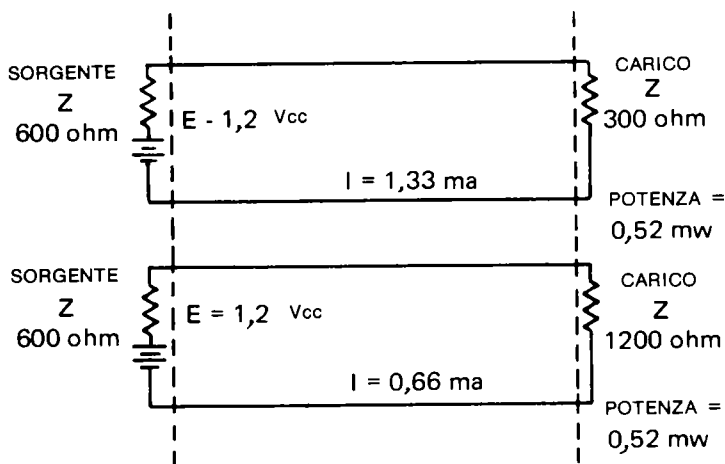


Figura 8-9. Disadattamento volontario delle impedenze

Se la tensione della batteria è di  $1,2V$ , una corrente di  $1\ mA$  scorre sul circuito e la potenza fornita alla resistenza di carico è di  $0,6\ mW$ . Se l'impedenza del carico è di-

sadattata del 50%, i calcoli mostrano che la potenza consegnata al carico cambia. Il diagramma della figura 8-9 mostra ciò che si ha per due casi (aumento e diminuzione).

La potenza fornita al carico è di 0,6 mW quando l'impedenza del carico è adattata. Si hanno soltanto 0,52 mW di potenza quando il carico è disattato del 50%. Ciò rappresenta una perdita o dissipazione del 13% di potenza. Il 13% di perdita può essere sufficiente per rendere il funzionamento del circuito inaccettabile.

Ora che è chiara l'importanza di un idoneo caricamento della linea ed adattamento di impedenze, consideriamo le impedenze non lineari che le linee di trasmissione presentano al variare della frequenza dei segnali c.a.. L'adattamento dell'impedenza è molto più critico quando si ha a che fare con bande di frequenza. Un circuito che è adattato esattamente a 3200 Hz non è adattato a 200 Hz in quanto l'impedenza della linea di trasmissione cambia. Questa è una delle ragioni principali per cui una frequenza di 1000 Hz è scelta come frequenza di riferimento. L'impedenza di un normale cavo a 22 fili AWG varia da 1288  $\Omega$  a 200 Hz a circa 300  $\Omega$  a 3200 Hz. A 1000 Hz questo cavo presenta tipicamente un'impedenza di 580  $\Omega$ .

## SOMMARIO

La resistenza, la reattanza e l'impedenza sono caratteristiche delle linee di trasmissione a fili. La perdita sulle linee causate da queste caratteristiche sono fattori importanti nell'attenuazione del segnale; è necessario minimizzare tali perdite per avere trasmissioni accettabili attraverso i circuiti a fili.

## QUESITI

Le risposte ai quesiti che seguono sono riportate nell'Appendice III.

1. Quali sono le tre caratteristiche fondamentali dei circuiti di trasmissione a fili?
2. Quale caratteristica della linea di trasmissione a fili è responsabile della perdita (dissipazione) di potenza lungo la linea?
3. Quali elementi influenzano la resistenza di una linea?
4. Che cos'è "l'effetto pelle"?
5. Quale materiale è accettato come standard di confronto per il calcolo della resistenza relativa dei metalli?

6. Basandosi sulla tabella 8-2, che valore ha la resistenza approssimata di una linea lunga 4000 piedi costituita da una coppia di fili di dimensioni 26 AWG, misurata ad una estremità quando l'altra estremità è cortocircuitata?
7. Allorchè la frequenza del segnale applicato aumenta, la reattanza induttiva della linea \_\_\_\_\_ e la reattanza capacitiva \_\_\_\_\_.
8. L'induttanza in serie e la capacità in parallelo di una linea di trasmissione fanno sì che la coppia di fili si comporti come un filtro. L'effetto di queste reattanze determinano una risposta scadente alla \_\_\_\_\_ frequenza.
9. L'impedenza ( $Z$ ) di una linea di trasmissione dipende dalla \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, e \_\_\_\_\_ della linea.
10. Perché l'impedenza della linea di trasmissione è espressa come "600  $\Omega$  a 1000 Hz" piuttosto che solo come 600  $\Omega$ ?
11. Perché l'apparecchio collegato a ciascun capo di un circuito telefonico deve avere un determinato valore d'impedenza?



## CAPITOLO 9

# IL DECIBEL, UN RAPPORTO DI POTENZE

I termini Volt, Ohm, Ampere, Watt, frequenza e tempo indicano tutti quantità positive che possono essere analizzate ed interpretate. Ma il significato del termine "decibel" sembra sfuggire a molti tecnici elettronici, specialmente quando lavorano in campi specializzati come l'EDP.

I fattori più probabili che contribuiscono a circondare di mistero il decibel sono che il decibel non rappresenta un valore per se stesso e che non è un'unità di misura lineare.

Ma non c'è alcun reale mistero. Il "decibel" è un termine altamente versatile ed appropriato che spesso descrive meglio i guadagni e le perdite di potenza c.a. Il decibel non è una misura, è un confronto. Quando viene scelto un punto di riferimento, il decibel ha un valore concreto e può essere usato in un contesto simile agli altri termini dell'elettronica. Il decibel è stato adottato dalle società telefoniche e dalle altre agenzie di comunicazione come termine per esprimere il guadagno e la perdita di potenza.

### BELS

I primi esperimenti con i suoni e con l'udito rivelarono che i suoni non sono sentiti in modo lineare. Un suono raddoppiato rispetto al suo livello iniziale non viene percepito dall'orecchio come rumore doppio del precedente. La variazione è appena percettibile. Si è cercata allora una unità di misura che approssimasse il più possibile la risposta dell'orecchio umano. L'unità accettata fu il bel, dal nome di Alexander Graham Bell.

Il bel è semplicemente un rapporto di livelli di potenza, uno dei quali è 10 volte maggiore dell'altro. Si applica ugualmente bene ai livelli di potenza del suono nell'atmosfera, alle vibrazioni in un'ala d'aereo o ai livelli di potenza dei segnali nel circuito elettronico.

Il termine bel è un termine relativo, come "ricco", "povero", "su", e "giù". Questi termini non hanno significato finché non si è stabilita un elemento di riferimento. Nei circuiti di comunicazione, come riferimento si assumono i livelli di potenza nei terminali d'ingresso del circuito. I livelli di potenza d'ingresso si considerano a "zero bel", e i livelli d'uscita sono espressi in numero di bels di perdita o di guadagno rispetto a quel riferimento. Quando nel circuito si ha un *guadagno* di potenza il rapporto è positivo e quando si ha *perdita* di potenza il rapporto è negativo. La tabella 9-1 fa vedere la relazione tra i bels, i rapporti di potenza, i guadagni e le perdite di potenza.

Tabella 9-1. I bels come rapporti di potenza, guadagni e perdite

<u>POLARITA'</u>	<u>BELS</u>	<u>RAPPORTO (1: )</u>	<u>VARIAZIONE</u>
Positivo	4	10000	GUADAGNO
	3	1000	
	2	100	
	1	10	
NESSUNO	0	1	UGUALE
Negativo	1	0,1	PERDITA
	2	0,01	
	3	0,001	
	4	0,0001	

Il vantaggio principale di esprimere i guadagni e le perdite in bels (come rapporti) è che rapporti grandi possono essere espressi in forma semplice. Per esempio, quando diciamo che un circuito ha un guadagno di potenza di 8 bels, vogliamo dire che la potenza d'uscita dal circuito è un centinaio di milioni di volte (100.000.000) più grande della potenza d'ingresso del circuito.

In effetti il bel è un'unità troppo grande per molte applicazioni. In più è difficile definire accuratamente alcuni rapporti di guadagni e perdite di potenza. Un rapporto di 50000 è tra 4 e 5 bels, ma l'intervallo tra 4 e 5 è così grande che la descrizione non è molto accurata. Nella pratica il bel è diviso in dieci parti, chiamati *decibels*, che permettono una maggiore precisione nell'esprimere rapporti di potenza.

Il sistema dei bels è una progressione lineare (1, 2, 3 ...) ma i rapporti che essi rappresentano non sono lineari (1, 10, 100, 1000 ...). Un rapporto di zero bel significa che i livelli di potenza d'ingresso e d'uscita sono uguali. Un guadagno di 1 bel significa che la potenza d'uscita è 10 volte più grande della potenza d'ingresso, e di 2 bel significa che l'uscita è 100 volte più grande dell'ingresso. La figura 9-1 mostra la continuazione di questa relazione non lineare.

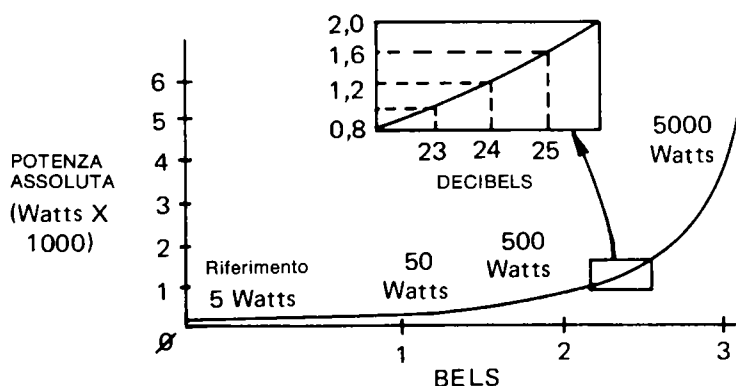


Figura 9-1. Guadagno in potenza e dB

Un segnale di riferimento di 5W viene applicato all'ingresso del circuito. Il grafico è ottenuto supponendo variabile il guadagno del circuito, e disegnando il livello di potenza assoluto del segnale d'uscita in funzione del rapporto del guadagno di potenza. Ad 1 bel di guadagno, corrisponde una potenza d'uscita di 50W. A 2 bel di guadagno, la potenza d'uscita è 500 W, a 3 bel è 5000W. Naturalmente, una variazione di potenza in uscita da 0 a 1 bel (una variazione di 45 W) non è uguale alla variazione da 1 a 2 bels (una variazione di 450 W).

Il grafico di figura 9-1 è una curva logaritmica. L'inserito mostra che il bel *non* è diviso in 10 parti *uguali*. Se la curva fosse lineare, 25 decibel sarebbe uguale a metà differenza tra 2 e 3 bel, o a 2250 W. Comunque, rispetto al riferimento di 5 W, 25 decibel danno un livello assoluto di potenza all'uscita di solo 1600 W.

Le espressioni dei guadagni e perdite di potenza espresse in bel o decibel sono rapporti e per avere significato devono essere riferiti a qualcosa. Un guadagno di potenza di 25 decibel con un riferimento di 5 W significa che si hanno 1600 W di potenza all'uscita del circuito. Una potenza di riferimento in ingresso diversa porta ad avere una potenza in uscita diversa, anche se il guadagno del circuito è ancora espresso come uguale a 25 decibel.

Poichè la natura delle espressioni è logaritmica, nei calcoli dei guadagni e perdite di potenza in decibel bisogna usare un metodo matematico logaritmico. Facciamo adesso un breve riepilogo di matematica e delle formule più importanti per coloro che ne siano interessati.

Le formule per calcolare guadagni e perdite espresse in decibel sono riportate sotto. Queste formule sono valide solo se l'impedenza nei punti di misura (i terminali d'ingresso e d'uscita) è la stessa. Tabelle per risalire direttamente alle perdite e guadagni sono riportate nel seguito.

$$\begin{aligned} \text{db} &= 10 \log_{10} (P_1/P_2) \\ &= 20 \log_{10} (E_1/E_2) \\ &= 20 \log_{10} (I_1/I_2) \end{aligned}$$

Nella formula, db è il numero di decibels di guadagno o perdita,  $\log_{10}$  è il logaritmo comune (base 10) del rapporto, e  $P_1/P_2$ ,  $E_1/E_2$ , e  $I_1/I_2$  sono i rapporti dei livelli di misura d'ingresso e d'uscita in termini di *potenza*, *tensione* o *corrente*.  $P_1$ ,  $E_1$  o  $I_1$  sono i livelli dei segnali d'uscita del circuito, e  $P_2$ ,  $E_2$  o  $I_2$  sono i valori d'ingresso. Se il rapporto è positivo (per esempio  $P_1$  è più grande di  $P_2$ ), il numero di decibels rappresenta il rapporto del guadagno di potenza. Al contrario, se il rapporto è negativo (per esempio,  $P_1$  è inferiore a  $P_2$ ), il numero di decibels rappresenta il rapporto della perdita di potenza.

## NOTAZIONE LOGARITMICA

Il logaritmo di una quantità è l'esponente cui bisogna elevare un dato numero, chiamato base, per ottenere un valore pari alla data quantità. Questo è mostrato negli esempi che seguono.

- a.  $10^3 = 1000$   
 $3 = \log 1000$  con base 10
- b.  $10^4 = 10000$   
 $4 = \log 10000$  con base 10
- c.  $a^x = b$   
 $X = \log$  di  $b$  con base  $a$

Sono possibili molti sistemi di logaritmi, poichè ogni numero può essere usato come base. In base 10, o base *comune*, i logaritmi delle potenze intere di 10 sono numeri interi positivi o negativi, come mostrato nella tabella 9-2.

Tabella 9-2. Parte intera dei logaritmi comuni

Potenza di 10	Notazione logaritmica
$10^3 = 1.000$	$\log_{10} 1.000 = 3$
$10^2 = 100$	$\log_{10} 100 = 2$
$10^1 = 10$	$\log_{10} 10 = 1$
$10^{-1} = 0,1$	$\log_{10} 0,1 = -1$
$10^{-2} = 0,01$	$\log_{10} 0,01 = -2$
$10^{-3} = 0,001$	$\log_{10} 0,0001 = -3$

Il logaritmo di un numero che non è una potenza intera di 10 consta di un numero intero e di una frazione decimale. La parte intera del logaritmo è detta "caratteristica" e la parte decimale è detta "mantissa".

Nel risolvere la formula del decibel, prima si calcola il rapporto tra ingresso e uscita. Poi, per completare il calcolo si calcola il logaritmo del rapporto e lo si moltiplica per 10 o per 20% (secondo che le misure sono fatte in Watt, Volt o Ampere).

Come determinare il logaritmo in base 10 del rapporto è spiegato sotto.

### DETERMINAZIONE DEL LOGARITMO DI UN NUMERO

- a. *Determinazione della caratteristica* - Ci sono due regole per determinare la caratteristica di un logaritmo:

(1) Se il numero (il rapporto) è più grande di *uno*, la caratteristica è data dal numero di cifre alla sinistra della virgola meno *uno*.

(a) La caratteristica di 1600 è tre (3).

(b) La caratteristica di 1,6 è zero (0).

- (2) Se il numero (il rapporto) è minore di uno, la caratteristica è negativa ed è pari al numero di Zeri a destra della virgola più uno. La mantissa di un logaritmo è sempre positiva. Per mantenere positivo il logaritmo completo, la caratteristica è espressa come un numero positivo entro 10.

(a) La caratteristica di 0,25 è -1 (oppure 9-10)

(b) La caratteristica di 0,0666 è -2 (oppure 8-10)

(c) La caratteristica di 0,000005423 è -6 (oppure 4-10)

- b. *Determinazione della mantissa* - La mantissa (parte decimale) del logaritmo è determinata usando le tavole che sono state compilate per la corretta base. Le prime tre cifre del numero (del rapporto) identificano una riga e una colonna nella tavola. La sequenza di cifre che si rileva all'incrocio tra quella riga e quella colonna è la mantissa del logaritmo.

Una tavola di logaritmi comuni, in base 10, è riportata nell'Appendice I, ed è stata usata per calcolare il logaritmo dei numeri degli esempi precedenti. In questa applicazione è necessario usare soltanto le prime tre cifre della mantissa, indipendentemente dal numero di cifre riportate nella tabella.

- Il logaritmo di 1600 è 3,204
- Il logaritmo di 1,6 è 0,204
- Il logaritmo di 0,25 è 9,387 - 10
- Il logaritmo di 0,0666 è 8,823 - 10
- Il logaritmo di 0,000005423 è 4,733 - 10

Quando un circuito ha una perdita di potenza, il rapporto è minore di uno e la caratteristica è negativa. Il modo più semplice per avvicinarsi a questo tipo di problemi è di ricordare che il circuito ha perdita di potenza, e poi di risolvere il rapporto come una quantità positiva. Il livello di potenza più grande è diviso per il più piccolo (indipendentemente da qual'è l'ingresso e l'uscita). Questo porta ad una caratteristica positiva. Dopo che la formula è risolta si pone un segno meno (-) davanti alla quantità in decibel per dire che l'espressione è una perdita piuttosto che un guadagno.

Il circuito di comunicazione ipotetico della figura 9-2 fa vedere un calcolo in decibels, essendo noti i livelli di potenza. La potenza di riferimento d'ingresso è 2 mW e quella d'uscita è 0,005 mW.



Figura 9-2. Circuiti per calcoli in decibel

**PROBLEMA** : Quant'è il guadagno o la perdita in decibels del circuito di figura 9-2?

**SOLUZIONE** :  $db = 10 \log_{10} (P_1/P_2)$

$$db = 10 \log_{10} (2/0,005)$$

$$db = 10 \log_{10} (400)$$

$$db = 10 (2,603)$$

$$db = -26,03$$

Quindi il circuito ha un guadagno di potenza di  $-26,03$  db, oppure una perdita di potenza di  $26,03$  db. Una perdita di potenza di  $26$  db è normalmente inaccettabile nei circuiti effettivi telefonici per la trasmissione dei dati.

Quando nei punti di misura le impedenze sono diverse, la formula dei decibel relativa ai livelli di potenza è ancora valida. Però se le misure sono fatte in tensione o corrente, la differenza delle impedenze deve essere tenuta in considerazione. Quando le impedenze sono differenti le formule da usare sono le seguenti

$$db = 20 \log_{10} \frac{E_1 \sqrt{Z_2}}{E_2 \sqrt{Z_1}}$$

$$db = 20 \log_{10} \frac{I_1 \sqrt{Z_1}}{I_2 \sqrt{Z_2}}$$

Grazie agli sforzi coordinati di molte persone, la situazione è stata semplificata. Come unità di misura standard è stato accettato un livello di potenza arbitrario di  $1$  mW con una impedenza del circuito di  $600 \Omega$  e una frequenza di prova di  $1000$  Hz. Questa unità è chiamata "dbm", "m" significa milliwatt. Sono disponibili voltmetri che danno direttamente i risultati in unità di dbm.

Molti fattori influenzano la precisione degli strumenti in dbm. La principale ragione dell'evoluzione degli strumenti in dbm è la standardizzazione delle impedenze alle estremità del circuito telefonico ad un valore di  $600 \Omega$ . Le misure ottenute con uno strumento in dbm non sono affidabili finché l'impedenza del circuito non è la stessa di quella per la quale lo strumento fu progettato.

Inoltre ci sono strumenti che sono progettati per altre impedenze e che non forniscono misure precise in circuiti a  $600 \Omega$ . Infine, poiché l'impedenza del circuito varia con la frequenza, le misure in dbm non sono precise finché non è applicata la frequenza di riferimento giusta, (normalmente  $1000$  Hz) quando si fanno le misure.

Le unità hanno un valore reale in termini di tensione, corrente o potenza, quando il riferimento è fissato, poiché è in dbm. Zero dbm significa sempre che agli estremi del circuito si hanno  $1$  mW, oppure  $0,775$  Veff, quando la frequenza di prova è  $1000$  Hz e l'impedenza del circuito è  $600 \Omega$ . Meno di  $10$  dbm significa sempre che sull'impedenza fissata si hanno  $0,245$  Veff e che la potenza è di  $100 \mu W$  (microwatt). Poiché si ha questa relazione diretta quando si usano i dbm, si possono costruire tabelle sulle quali riportare i valori dei corrispondenti livelli.

Inoltre, poiché sono accettate con buona tolleranza, nei circuiti di trasmissione, differenze di guadagno o perdite di potenza di 4 o 5 db, le tabelle servono come mezzo conveniente per approssimare le condizioni del circuito e evitare lunghe conversioni matematiche, altrimenti richieste se non sono disponibili strumenti in dbm.

Misure significative nelle trasmissioni EDP sono limitate a un intervallo di 4 o 5 bels (40 o 50 decibels). In un esempio precedente la perdita di potenza del circuito era di 26,03 db. Probabilmente questa perdita non è accettabile. Lo stesso sarebbe se la perdita fosse di 23 db, 25 db o 28 db. Il fatto che la perdita di potenza è di 26,03 db non è tanto significativo come il fatto che essa supera i 20 db.

Sono rari i circuiti telefonici che presentano un notevole guadagno di potenza. I problemi di trasmissione riguardanti i circuiti telefonici si hanno per lo più per l'eccessiva perdita di potenza.

Le misure dei livelli dei segnali in un circuito sono normalmente fatte usando un oscilloscopio, uno strumento in dbm o un voltmetro a valore fisso. Se è disponibile uno strumento in dbm, si possono misurare i livelli dei segnali direttamente in dbm. Gli oscilloscopi normalmente visualizzano i valori picco-picco delle forme d'onda e la maggior parte dei voltmetri sono calibrati in valori efficaci o in valori effettivi. Se si usa un oscilloscopio per misurare con formule in decibel, bisogna che il valore picco-picco dalla forma d'onda sia convertito in valore efficace. La tabella 9-3 riporta le formule che esprimono la relazione tra i valori picco-picco e i valori efficaci delle tensioni c.a.

*Tabella 9-3. Relazione tra i valori della forma d'onda c.a.*

Valore picco-picco	=	2 x Valore max
Valore picco-picco	=	2,828 x Valore efficace
Valore max	=	0,5 x Valore picco-picco
Valore max	=	1,414 x Valore efficace
Valore efficace	=	0,707 x Valore max
Valore efficace	=	Valore effettivo

Le formule, riferendosi all'impedenza standard del circuito (600  $\Omega$ ), alla frequenza di riferimento (1000 Hz) e al livello di potenza di 1 mW, sono state usate per ricavare la tabella 9-4 che mette in relazione le unità di dbm, le tensioni efficaci, le tensioni picco-picco e i livelli di potenza del circuito. La tensione può essere usata per approssimare i valori della potenza entro 3 dbm di precisione, quando si conoscono le tensioni del circuito, oppure per approssimare le tensioni quando è noto in dbm il guadagno o la perdita di potenza.

Notate che la tabella è valida solo per le suddette condizioni. Se la società telefonica esprime i livelli in dbm, ma fornisce un'impedenza all'estremità della linea diversa (per esempio, 900  $\Omega$ ), la tabella non è valida. In questo caso, le formule possono essere usate per costruire una tabella simile in cui i valori delle tensioni del circuito a 900  $\Omega$  corrispondono ai livelli di potenza del segnale espressi in dbm. Una volta costruita, questa tabella è utile sia per tale situazione che per la conversione in circuiti a 600  $\Omega$ . Una versione più dettagliata di questa tabella è riportata nell'Appendice I.

La colonna a sinistra mostra il guadagno o la perdita in dbm confrontato con il livello

Tabella 9-4. Tabella di equivalenza (dbm)

dbm	Valore efficace V	Picco-picco V	Potenza	
50	245,0	690	100	Watts (W)
45	138,0	390	31,7	W
40	77,5	220	10,0	W
35	43,5	123	3,17	W
30	24,4	69	1,0	W
25	13,8	39	317,0	MilliWatts (mW)
20	7,75	22	100,0	mW
15	4,35	12	31,7	mW
10	2,45	6,9	10,0	mW
5	1,38	3,9	3,17	mW
0	0,775	2,2	1,00	mW
5	0,435	1,2	317,00	MicroWatts ( $\mu$ W)
10	0,245	0,69	100,00	$\mu$ W
15	0,138	0,39	31,70	$\mu$ W
20	0,0775	0,22	10,00	$\mu$ W
25	0,0435	0,12	3,17	$\mu$ W
30	0,0245	0,069	1,00	$\mu$ W
35	0,0138	0,039	0,317	$\mu$ W
40	0,00775	0,022	0,100	$\mu$ W
45	0,00435	0,012	0,0317	$\mu$ W
50	0,00245	0,0069	0,0100	$\mu$ W

di riferimento di 1 mW a 600  $\Omega$ . La seconda colonna mostra le tensioni equivalenti efficaci o effettive misurate con voltmetri standard c.a. La terza colonna mostra le tensioni corrispondenti picco-picco visualizzate su un oscilloscopio e la colonna finale riporta la quantità di potenza che queste tensioni producono in un circuito a 600  $\Omega$ . Tutti i valori della tabella sono stati arrotondati a due o tre cifre significative poiché le misure reali non danno mai una precisione maggiore.

L'uso della tabella è un modo per evitare i calcoli matematici, è semplice e dà sufficiente precisione. Supponete che una tensine a 100 Hz misuri 0,02 V<sub>eff</sub>. Dalla tabella, la stessa tensione misurata su un oscilloscopio dà circa 0,06V picco-picco, e corrisponde circa a -33 dbm.

Uno dei vantaggi di lavorare con i dbm è che si possono sommare e sottrarre uno dall'altro per giungere alla conclusione circa il funzionamento del circuito. Per esempio, se la potenza trasmessa d'ingresso è di -8 dbm e la potenza ricevuta d'uscita è di -15 dbm la quantità di perdita di potenza nel circuito è di 7 dbm (15-8). Se il livello trasmesso è uguale a -8 dbm e quello ricevuto è uguale a -6 dbm, il guadagno del circuito è uguale a 2 dbm (8-6). In questo modo la nozione intuitiva del guadagno o della perdita è il metodo più semplice per determinare la caratteristica di guadagno del circuito.

Normalmente le società telefoniche richiedono che il livello di potenza d'ingresso sia compreso nell'intervallo da 0 dbm a -16 dbm. Per contro esse normalmente garantiscono di fornire all'uscita dei loro circuiti una potenza superiore ai -16 dbm.



Per il momento supponiamo che questo sia normale, che l'intervallo da  $-16$  dbm a  $-22$  dbm sia appena sufficiente e che livelli di potenza d'uscita inferiori a  $-22$  dbm siano inaccettabili.

## STUDI DI SITUAZIONI COI DECIBEL

I seguenti esempi sono situazioni ipotetiche che hanno lo scopo di mostrare l'uso della tabella 9-4 e di illustrare le espressioni dei livelli di potenza espressi in dbm. Supponente che due tecnici stiano lavorando con un sistema on-line.

Uno è al calcolatore centrale e l'altro è al terminale lontano. Il circuito telefonico è progettato per funzionare in half-duplex, a due fili e da punto a punto. Essi usano la tabella per operare conversioni da un segnale ad un altro ed usano questa approssimazione per giungere a decisioni logiche riguardante il circuito. I numeri tra parentesi che seguono ogni uso della tabella sono valori calcolati usando le formule appropriate.

### 1° CASO

*Problema:* Il tecnico al calcolatore trasmette un segnale di 1 kHz a  $-8$  dbm. Al terminale lontano si riceve un segnale, misurato su un oscilloscopio, di 0,18 V picco-picco.

*Valutazione:* Il livello trasmesso è adeguato. Dalla tabella si ha che il terminale riceve un livello di segnale di circa  $-22$  dbm ( $-21,7$  dbm). Il circuito presenta circa 15 dbm di perdita di potenza (13,7 dbm).

*Conclusione:* La perdita in potenza del circuito supera le specifiche e anche un funzionamento appena accettabile è dubbio. Bisognerebbe concordare con la società telefonica un miglioramento della caratteristica di guadagno del circuito.

### 2° CASO

*Problema:* Il terminale trasmette un segnale a 1 kHz di 1,5 V picco-picco misurato su un oscilloscopio. Il calcolatore riceve un segnale di 0,3 Veff. (lo strumento in dbm è rotto).

*Valutazione:* Il livello del segnale trasmesso è di circa  $-4$  dbm ( $-3,2$  dbm). Il livello del segnale al calcolatore è di circa  $-8$  dbm ( $-7,96$  dbm). La perdita di potenza del circuito è di circa 4 dbm (4,76 dbm).

*Conclusione:* Il circuito di comunicazione lavora bene. Se la frequenza di errori nella macchina commerciale è eccessiva il difetto è probabilmente in essa piuttosto che nel circuito telefonico. I tecnici dovrebbero provare le loro apparecchiature prima di rivolgersi alla società telefonica.

### 3° CASO

*Problema:* Il sistema lavora bene quando trasmette verso il terminale, ma presenta un notevole errore quando riceve dal terminale. Il livello di segnale trasmesso dal terminale è di 0,23 Veff e il livello ricevuto è a  $-18$  dbm (lo strumento in dbm è stato riparato).

**Valutazione:** Il livello ricevuto di  $-18$  dbm è appena sufficiente. Dalla tabella il livello trasmesso è di circa  $-12$  dbm ( $-10,6$  dbm). La perdita di potenza del circuito è di circa 6 dbm (7,2 dbm).

**Conclusioni:** Il circuito telefonico dà un'uscita appena sufficiente quando il livello di potenza trasmesso è nelle specifiche. Ma il livello di trasmissione può essere aumentato senza superare le specifiche di potenza d'ingresso. Se il livello di trasmissione è regolato per fornire un aumento di 4 dbm, sarà poi ricevuto a  $-14$  dbm (con un incremento uguale). L'errore sarà ridotto e il funzionamento del circuito soddisfacente. Si può ancora contattare la società telefonica, ma all'abbonato è probabilmente evitata una chiamata di servizio.

## SOMMARIO

Per facilitare la manipolazione dei cambiamenti significativi nei livelli dei segnali si usa un sistema logaritmico. Le misure dei guadagni e delle perdite dei sistemi di trasmissione vengono descritte in *bels*, e *decibels*. Il calcolo dei guadagni e delle perdite significative di un circuito è facilitato dalle tavole di logaritmi. Speciali apparati di prova per circuiti ad impedenza standard, sono disponibili per misurare guadagni o perdite espresse in decibel, riferiti a una potenza di 1 mW.

## QUESITI

Le risposte ai seguenti quesiti sono riportate nell'Appendice III.

1. In che modo il "bel" descrive la relazione tra due livelli di potenza?
2. Una perdita di potenza di 3 bel indica che la potenza d'uscita del circuito è \_\_\_\_\_ volte quella d'ingresso.
3. Due bels sono uguali a \_\_\_\_ decibels.
4. Perché si devono usare i logaritmi nei calcoli con i decibel?
5. Quant'è il logaritmo di un milione (1.000.000) in base 10?
6. Quali sono i livelli di riferimento per i quali la potenza di un circuito è uguale a 0 dbm?
7. Elencate gli elementi che influenzano la validità delle letture ottenute con uno strumento in dbm.

8. Normalmente gli oscilloscopi visualizzano i valori \_\_\_\_\_ delle forme d'onda c.a., e i voltmetri sono normalmente calibrati in valori \_\_\_\_\_ della forma d'onda.
9. Se una tensione misura 0,4 V picco-picco in un circuito a  $600\ \Omega$ , il valore equivalente efficace è circa \_\_\_\_\_ Volt e il livello di potenza approssimato è \_\_\_\_\_ dbm.
10. Se la potenza applicata all'ingresso di un circuito è  $-9\text{ dbm}$ , e la potenza in uscita dal circuito nell'apparato ricevente è  $-18\text{ dbm}$ , che guadagno o perdita di potenza si ha nel circuito telefonico?
11. Nel precedente quesito, se il livello della potenza da trasmettere di  $-9\text{ dbm}$  è aumentato a  $-5\text{ dbm}$ , il livello di potenza atteso in ricezione è \_\_\_\_\_ dbm.



## CAPITOLO 10

# PANORAMICA SUI PROBLEMI DI TRASMISSIONE

Uno dei compiti maggiori che deve affrontare il tecnico EDP è la risoluzione dei problemi di trasmissione dei dati nei sistemi on-line. Il punto focale del lavoro del tecnico EDP è l'analisi corretta della situazione e le decisioni operative corrette indipendentemente dal fatto che il guasto si abbia nell'apparato o nel circuito telefonico.

In passato troppo spesso il circuito telefonico è stato imputato di guasti da parte dei tecnici EDP, con la conseguenza di chiamate di servizio non necessarie per il personale della società telefonica. Questo modo di fare è costoso ed inefficiente. Ogni volta che la società telefonica fa delle prove sul circuito, se non lo trova difettoso, addebita il servizio. I tecnici EDP non possono che ricominciare a cercare e intanto è stato sciupato del tempo notevole.

Questa sezione descrive i più comuni problemi di trasmissione incontrati dal tecnico che lavora on-line. Gli obiettivi di questa sezione sono di sviluppare la conoscenza dei problemi e le loro cause, di descrivere le unità di misura e di proporre alcuni metodi di prova che aiutano nella ricerca dei guasti.

I cinque problemi maggiori discussi in questo testo sono l'attenuazione, il rumore, gli echi e le riflessioni, la diafonia ed il ritardo. Questi problemi coesistono tutti in vario grado in *ogni* circuito di trasmissione. Quando un circuito telefonico presenta un funzionamento ai limiti delle specifiche, ciò è normalmente dovuto a più di uno di questi fattori, ma correggendo il più importante di essi si riporta normalmente il circuito ad avere un livello di qualità accettabile.

### ATTENUAZIONE

L'attenuazione è un termine che si applica all'ampiezza dei segnali trasmessi. Normalmente esso implica una riduzione in ampiezza di uno o più elementi della forma d'onda del segnale dell'informazione. Le tre distinte categorie di variazioni in ampiezza sono: l'attenuazione, la distorsione di attenuazione e la distorsione di frequenza dell'attenuazione.

Da sola la parola *attenuazione* significa che tutte le frequenze in considerazione sono ugualmente interessate. la causa maggiore dell'attenuazione, la resistenza di linea, è stata descritta nel Capitolo 9. L'attenuazione può anche essere causata da un guasto dei circuiti amplificatori, dall'alta resistenza o dai circuiti aperti, dalla perdita di isolamento tra i fili o dai cavi bagnati. Il valore di attenuazione può essere espresso in tensione, in corrente, in potenza o in dbm. Comunemente nei circuiti telefonici si usa il dbm.

Supponete che un MODEM sia adatto per fornire ad una linea di trasmissione la frequenza mark (1200 Hz) con una potenza di  $-8$  dbm e che il livello misurato di potenza ricevuto sia di  $-16$  dbm. Inoltre supponete che il MODEM applichi la frequenza space (2200 Hz) di  $-8$  dbm, e che il livello di potenza in ricezione sia ancora  $-16$  dbm. Poichè, in entrambi i casi, l'ammontare della perdita è uguale, il circuito telefonico attenua i segnali di 8 dbm, oppure ha 8 dbm di attenuazione. La figura 10-1 mostra la relazione tra forme d'onda FSK d'ingresso e d'uscita dopo che si è avuta un'attenuazione ordinaria.

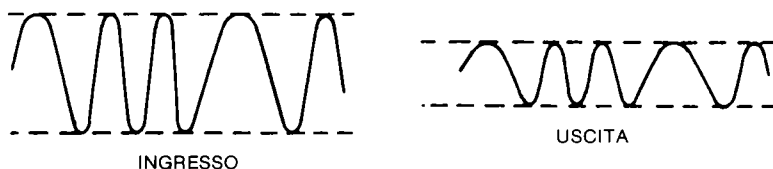


Figura 10-1. Effetto dell'attenuazione sulle forme d'onda FSK

La *distorsione d'attenuazione* è un tipo di perdita di potenza per cui le varie frequenze *non* subiscono tutti gli stessi effetti. In un circuito o sistema la distorsione d'attenuazione si riferisce ad una non uniforme amplificazione o attenuazione dei segnali nell'intervallo di frequenza proprio della trasmissione oppure ad una amplificazione non uguale nella banda passante.

Ci sono molte cause possibili di distorsione d'attenuazione.

La causa più comune nei circuiti a fili è la reattanza di linea, che provoca una variazione dell'impedenza di linea (e un disadattamento d'impedenza) al variare della frequenza applicata. Altre possibili cause comprendono il guadagno non lineare degli amplificatori, problemi nei sistemi radio o per portante, e circuiti compensatori difettosi nella rete telefonica.

Il modo più comune di esprimere la distorsione d'attenuazione è in termini di risposta in frequenza. Se all'ingresso di un circuito telefonico si collega un generatore di segnale e si forniscono un certo numero di frequenze campioni di ampiezza costante, si può misurare e mettere in un grafico la tensione che si ha nei terminali in ricezione. Se le frequenze campioni sono comprese nella banda passante del circuito, il grafico risultante è simile a quello riportato in figura 10-2.

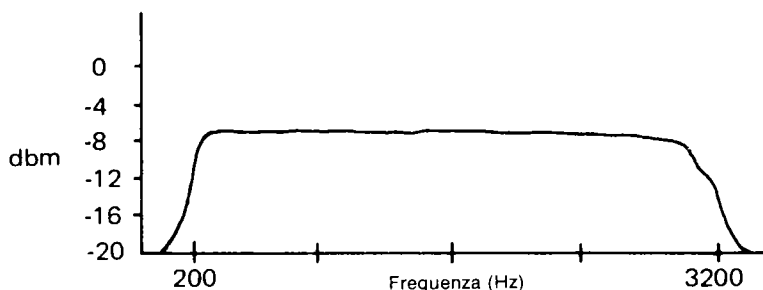


Figura 10-2. Grafico della risposta in frequenza teorica

In figura 10-2 il guadagno (o il fattore di attenuazione) del circuito è circa costante per tutte le frequenze comprese tra 200 e 3200 Hz. Normalmente la distorsione d'attenuazione si ha ad una estremità della banda passante piuttosto che dall'altra e si dice che si ha una "risposta scadente alle alte frequenze" oppure "una risposta scadente alle basse frequenze". Questi tipi di risposte sono mostrate nella figura 10-3. Un metodo di prova nella distorsione di attenuazione (non un'analisi ma un'indicazione) fa uso del MODEM. La distorsione d'attenuazione porta ad avere differenti guadagni del circuito alle diverse frequenze. Il MODEM può essere predisposto per trasmettere prima la frequenza mark e poi la space, sempre allo stesso livello. Il livello è quello applicato normalmente al circuito. In un terminale lontano si misurano i livelli d'uscita del circuito. Se la frequenza mark è attenuata di più della frequenza space, il circuito ha una risposta scadente di basse frequenze. Se la frequenza space è attenuata di più della mark, il circuito ha una risposta scadente di alte frequenze.

La distorsione d'attenuazione normalmente è tollerabile finché una delle frequenze non è attenuata a un punto tale da superare le specifiche del circuito. Fino a che punto il funzionamento del circuito può essere accettabile dipende dal valore della distorsione d'attenuazione, quale delle frequenze è attenuata, dalla velocità di trasmissione e dal tipo di applicazione di dati.

La figura 10-4 mostra l'effetto della distorsione d'attenuazione su una forma d'onda FSK. In figura è mostrata una eccessiva attenuazione della frequenza space. Se invece il circuito avesse una risposta insufficiente alle basse frequenze, l'ampiezza più

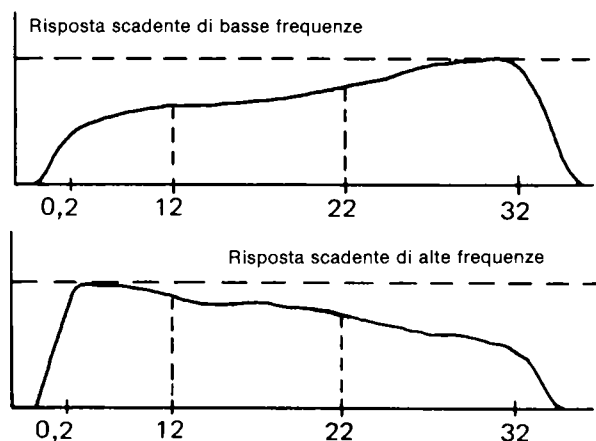


Figura 10-3. Effetto della distorsione d'attenuazione



Figura 10-4. Effetto della "distorsione d'attenuazione" ad alta frequenza

piccola delle due frequenze sarebbe la frequenza mark. La differenza d'ampiezza è un indice del valor della distorsione d'attenuazione tra le 2 frequenze.

La *distorsione in frequenza dell'attenuazione* riguarda l'effetto prodotto da un circuito su una forma d'onda complessa a causa della banda passante limitata e dalla larghezza di banda del circuito. Le forme d'onda complesse come i segnali vocali sono composti di molte frequenze fondamentali e da armoniche. Quando qualche frequenza fondamentale o armonica viene soppressa perchè non rientra nella banda passante del circuito, la variazione nella forma d'onda complessa che ne consegue si chiama distorsione in frequenza dell'attenuazione.

Lo strumento che misura la distorsione in frequenza dell'attenuazione è un analizzatore di spettro. Esso è un ricevitore che automaticamente esplora una parte dello spettro di frequenza e visualizza un grafico dell'ampiezza in funzione della frequenza del segnale d'ingresso su un tubo a raggi catodici o su un diagramma. Un confronto tra i grafici delle analisi spettrali dei segnali d'ingresso e d'uscita porta ad una precisa descrizione della distorsione che si ha nel circuito.

Le onde quadre sono forme d'onda complesse. I segnali dei dati sono essenzialmente onde quadre. In teoria l'onda quadra è composta da una frequenza fondamentale sinusoidale e da un numero infinito di armoniche dispari (3, 5, 7, ecc.). Se un'onda quadra a 1000 baud è applicata a un circuito che, a causa della sua larghezza di banda limitata, non fa passare le armoniche dispari (3000 Hz, 5000 Hz, ecc.), l'uscita da quel circuito sarà una forma d'onda circa sinusoidale a 1000 Hz. Moltiplicando per tre (3) il valore dei baud si ha la minima larghezza di banda accettabile per la trasmissione dei dati e per i segnali di telescrivente. Questo significa che una forma d'onda di frequenza tre volte la frequenza fondamentale (la terza armonica) deve passare attraverso il circuito se si vuole che la forma d'onda venga ritenuta essere un'immagine della sua forma quadra originale.

Poichè le forme d'onda FSK sono circa sinusoidali, non sono interessate dalla distorsione in frequenza dell'attenuazione quanto lo sono le onde quadre. Poichè le forme d'onda FSK non sono composte da armoniche dispari non è applicabile la regola del "moltiplicare per tre" e sono ottenibili velocità di trasmissione maggiori. Nelle trasmissioni FSK la distorsione di frequenza dell'attenuazione raramente è un problema.

## RUMORE

Il rumore elettrico ed elettronico è un argomento complesso; non tutti i tecnici concordano sulla causa del rumore dei circuiti elettrici. In questa trattazione il rumore è inteso come segnale *indesiderato* e *non intelleggibile*. Alcuni tecnici affermano che ogni segnale intelleggibile o no, è rumore se è presente nel circuito e non dovrebbe esserci.

Il rumore random (casuale o aleatorio) e quello *impulsivo* sono due tipi di rumore. Il rumore randomico si riferisce al livello medio di potenza di tutte le frequenze di rumore presenti ed il rumore impulsivo si riferisce ai picchi di rumore ad ampiezza più alta che superano un valore stabilito.

Il rumore impulsivo è una parte del rumore random rilevato.



Molti fattori nei circuiti elettrici contribuiscono al rumore. A causa del calore che provoca l'agitazione molecolare nei materiali si ha il rumore termico. Gli amplificatori, i filtri e gli altri circuiti elettrici, introducono ognuno un tipo particolare di rumore. I disturbi atmosferici che contribuiscono al rumore nei circuiti elettrici possono essere naturali (fulmini, macchie solari, ecc.) o artificiali (motori, generatori, macchine per marconiterapia e raggi X, etc.).

La quantità di rumore in un circuito telefonico è il risultato di molte variabili. Essa dipende per una certa parte dalla lunghezza e dalle condizioni ambientali del mezzo di trasmissione, dai tipi di modulazione, dal volume di traffico di trasmissione e per una certa altra parte perfino dal giorno, settimana o anno. Normalmente la quantità di rumore aumenta nei periodi di punta di impiego e le misure di rumore fatte in un dato istante non sono normalmente valide per altri istanti. Quindi il rumore è di solito misurato e messo sotto forma di grafico per un certo periodo di tempo, che fornisce dei valori di picco e medi del livello di rumore random di un circuito particolare. I grafici mostrano i periodi in cui si hanno i picchi di rumore e spesso aiutano a determinare il periodo migliore del giorno per la trasmissione dei dati.

Il rumore random nei circuiti elettrici è spesso chiamato rumore bianco. Il rumore bianco è continuo ed è distribuito uniformemente nello spettro di frequenze. Il rumore random però è raramente continuo o composto da uguali parti di tutte le frequenze. Il rumore random spesso comprende frequenze di rumore predominanti comprese al di fuori della banda passante del canale vocale. Queste frequenze di rumore sono misurabili ma non influenzano la trasmissione attraverso il canale. Per ottenere una valida misura del rumore random devono essere usati filtri idonei, che eliminano quelle frequenze esterne alla banda passante del canale. I filtri saranno discussi più dettagliatamente nel prossimo Capitolo.

Normalmente i livelli di rumore random sono misurati in volt efficaci o in dbm. La quantità di rumore è espressa come rapporto dell'ampiezza del segnale rispetto all'ampiezza del rumore ed è chiamato rapporto segnale-rumore (snr). Nelle nostre applicazioni è usata un'espressione più esatta e cioè il "rapporto tra segnale più rumore e rumore", abbreviato in  $s+n/n$ . In questo testo il termine snr significa  $s+n/n$ .

L'snr si ottiene da misure nella stazione di ricezione. Il MODEM ricevente è sostituito da un idoneo resistore (normalmente di 600  $\Omega$ ). Nell'estremità trasmittente è applicata una frequenza di prova di 1000 Hz con un idoneo livello. La tensione misurata sul resistore di 600  $\Omega$  all'estremità ricevente è il segnale più rumore. Poi viene tolta la frequenza a 1000 Hz dai terminali d'ingresso (lasciando la linea con la sua impedenza corretta) e si fa un'altra misura nei terminali di ricezione. Questa misura è il livello di rumore. Il rapporto  $s+n/n$  ugualia l'snr. La figura 10-5 mostra un esempio di misura e calcolo della snr.

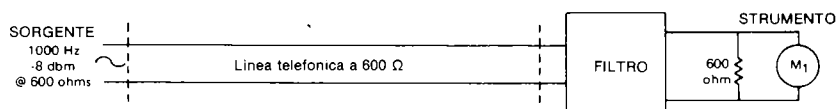


Figura 10-5. Circuito per la misura del rumore caotico

Supponete che il valore segnale-più-rumore di figura 10-5 sia 0,245 Volt efficaci. Quando poi la frequenza di 1000 Hz è tolta dal trasmettitore, il rumore restante misura 0,0245 Veff.

Il rapporto segnale-rumore è uguale a  $0,245/0,0245$ , oppure uguale a 10:1. Poichè le impedenze sono uguali, si può esprimere questo in decibels usando la formula seguente:

$$\begin{aligned} \text{db} &= 20 \log_{10} \frac{E-1}{E-2} \\ &= 20 \log_{10} \frac{0,245}{0,0245} \\ &= 20 \log_{10} (10) \\ &= (20) (1) \\ &= 20 \text{ db.} \end{aligned}$$

Quindi se le impedenze sono uguali il rapporto segnale - rumore di 10:1 è uguale a un snr di 20 db. La tabella di conversione del Capitolo 9 mostra anche che l'snr può essere ottenuto sottraendo una lettura in dbm da un'altra. Nell'esempio la misura  $s+n$  era 0,245 Veff o - 10 dbm. La misura del rumore era 0,0245 efficaci o - 30 dbm. Sottraendo il valore di rumore da quello del segnale - più - rumore si ha  $(-10 - (-30))$  oppure un snr di 20 db.

Per i circuiti telefonici si usa spesso esprimere i rapporti di rumore in un modo diverso. Questo modo è il dbrnC, dove db è un rapporto, rn indica il rumore bianco e C indica che si usa un filtro particolare (tipo messaggio C) nella misura. Il rumore in dbrnC è un numero positivo al di sopra di un livello di riferimento di - 90 dbm. (Un filtro diverso, chiamato FIA, impiega - 85 dbm come riferimento). La figura 10-6 mostra la relazione tra le misure in dbm e le misure in dbrnC.

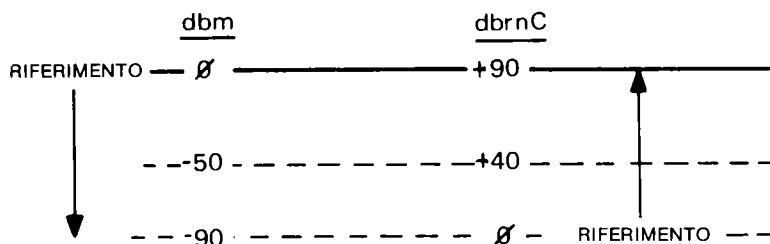


Figura 10-6. Equivalenza tra misure in dbm o in dbrnC

Nella figura 10-6, 0 dbm è il livello di riferimento e - 90 dbm è un'ampiezza di segnale piccolissima. Questa piccola ampiezza corrisponde a 0 dbrnC, che è il riferimento per le misure di rumore fatte in questo modo. La conversione da dbm a dbrnC o viceversa è semplice. Per ottenere il corrispondente valore in dbrnC si sottrae da 90 il valore in dbm. Per esempio, la figura 10-6 mostra che - 50 dbm corrisponde a + 40 dbrnC  $(90-50)$ .

Le misure di rumore in dbrnC sono trattate più dettagliatamente nel Capitolo 12. Preoccupandosi di fare misure precauzionali idonee sulla frequenza di riferimento, sul livello trasmesso, sulla filtrazione e sulle impedenze corrette dei terminali, si possono ottenere valide misure di rumore con apparati di prova standard. Si richiede un apparato di prova speciale (e costoso) per un'analisi completa delle caratteristiche del rumore di un circuito, ma a volte si può usare un MODEM per ottenere un'indicazione sul livello di rumore eccessivo in un circuito. Il MODEM è regolato in modo da trasmettere la frequenza mark (che è vicina alla frequenza di prova a 1000 Hz); il livello in ricezione  $sn_2$  è misurato con uno strumento come descritto prima. Le letture ottenute non sono interamente precise, ma possono indicare quando il livello di rumore di un circuito è completamente inaccettabile. La figura 10-7 fa vedere una forma d'onda FSK combinata con un rumore random.

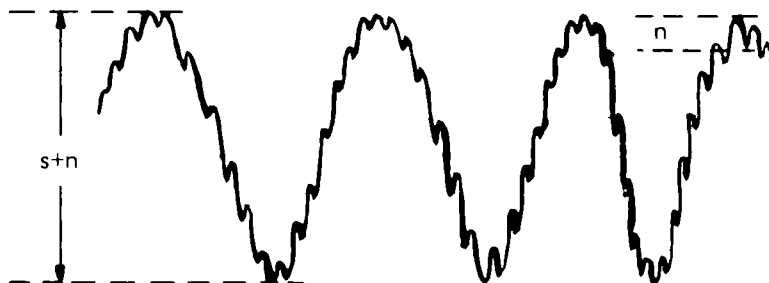


Figura 10-7. Forma d'onda di segnale-più-rumore

Il rumore impulsivo si riferisce ai picchi di ampiezza più alta in una forma d'onda di rumore. Esso è misurato come il numero di volte che il rumore supera un determinato livello (per esempio, 65 dbrn) in un certo periodo di tempo prefissato. Il rumore impulsivo può essere causato dai circuiti di ricerca, dai contatti dei relé, dai motori o da ogni altro dispositivo che determina la formazione di campi elettrici di ampiezza elevata. La figura 10-8 mostra i picchi di rumore impulsivo di una forma d'onda di rumore random.

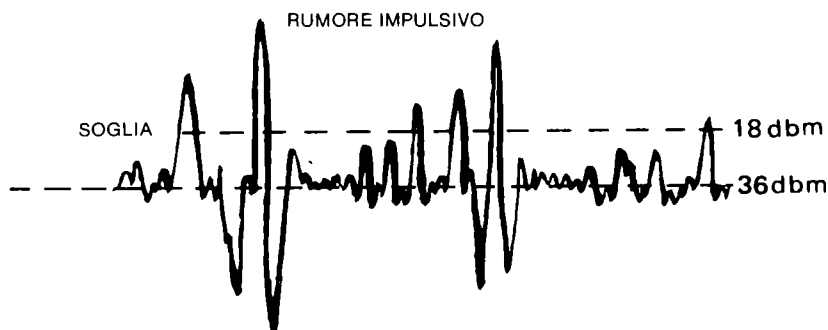


Figura 10-8. Forma d'onda di rumore mostrante il rumore impulsivo

Le misure sono effettuate con un apparecchio di prova chiamato contatore di rumore impulsivo. La soglia è regolata ad un livello appropriato ed un idoneo filtro fa parte dell'apparecchiatura di prova. Ogni volta che un impulso di rumore supera il livello di soglia un conteggio viene registrato sullo strumento. Il numero di conteggi rispetto a un certo tempo fissato (normalmente 15 o 30 minuti) viene usato come criterio per determinare l'accettabilità del circuito. Durante i periodi di misura, al circuito non si applica il segnale FKS, poichè l'apparato di misura non può distinguere tra rumore impulsivo e forme d'onda FSK.

La maggior parte di tecnici EDP non ha occasione di usare un contatore di rumore impulsivo. Se il funzionamento del circuito non è accettabile e sembra che il rumore impulsivo ne sia la causa probabile, la migliore cosa da fare è di contattare la società telefonica e disporre per misure precise. Generalmente il conteggio del rumore impulsivo aumenta con l'aumentare del rumore casuale, e le misure di rumore random possono indicare se c'è bisogno di misure più precise sul rumore impulsivo.

## **DIAFONIA**

La diafonia è un tipo d'interferenza che compare in un dato canale, ma che si origina in un canale diverso. La diafonia appare per lo più come conversazione di fondo e come impulsi di ricerca nei ricevitori telefonici normali. La diafonia può essere intelligibile o non in funzione del valore che raggiunge nel canale. L'effetto più significativo della diafonia nella trasmissione dei dati si ha quando essa è composta da impulsi di breve durata e di ampiezza elevata, che costituiscono il rumore impulsivo del circuito.

Ci sono molte sorgenti possibili di segnali di diafonia. Esse sono la voce, la telefoto, la telescrivente, i segnali di ricerca o di chiamata, o anche i segnali di dati differenti. I segnali di diafonia possono essere introdotti nel circuito in molti modi e in ogni punto del mezzo di trasmissione.

La diafonia può aversi quando si trasferiscono segnali attraverso cavi multiconduttori. Nei cavi i fili sono vicini uno all'altro e le correnti in un coppia di fili possono produrre campi magnetici che inducono correnti corrispondenti nei fili vicini. Questo effetto è detto accoppiamento induttivo ed è una sorgente comune di diafonia. Anche l'accoppiamento capacitivo può essere responsabile del trasferimento di segnale da una coppia di fili all'altra.

Anche i sistemi con portante possono originare una certa diafonia. Se i filtri separatori dei canali si guastano o sono di qualità scadente, dopo la demultiplazione l'informazione può, da un canale, passare su un'altro canale. Così la diafonia è già avvenuta; a quel punto è praticamente impossibile eliminare il segnale intelligibile non desiderato. Lo stesso effetto spesso si ha nei sistemi radio a microonde. La frase che meglio descrive questo particolare tipo di diafonia è "interferenza da canale adiacente".

A volte i circuiti telefonici passano vicini ad una stazione radio, oppure sono abbastanza lunghi da comportarsi come antenna ricevente, sicchè su di essi si inducono segnali radio.

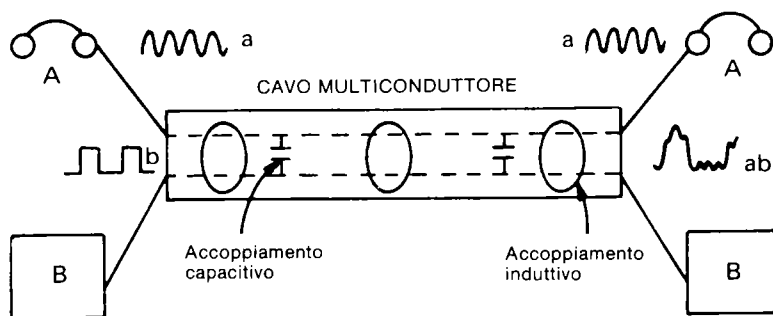


Figura 10-9. Diafonia in un cavo multiconduttore

D'altro lato la diafonia può aversi nella stazione ricevente, piuttosto che nelle linee di trasmissione. Quando la sorgente di diafonia è esterna al circuito telefonico, la società telefonica non può esercitarvi alcun controllo, anche se l'effetto può essere tanto dannoso per la trasmissione dei dati quanto lo è la diafonia in un cavo multiconduttore o in un sistema con portante. In questo caso può non essere soddisfacente neanche un percorso o un canale alternativo.

Un fattore controllabile che spesso contribuisce alla diafonia si ha sovraccaricando il circuito superando le specifiche dei livelli di trasmissione. Aumentare il livello di trasmissione per compensare l'attenuazione del circuito è accettabile fino a un certo punto, ma la persona che supera quel punto non sa di essere una sorgente di diafonia finché non è in ascolto sui canali adiacenti. Per questa ragione la maggior parte delle società telefoniche fissa un livello massimo di potenza d'ingresso a 0 dbm, e le singole società telefoniche spesso specificano un livello di trasmissione più basso (da -8 a -13 dbm).

Se in un particolare canale si ha diafonia, la migliore cosa da fare è di cambiare canale. Se ciò è impossibile, si deve fare in modo che la società telefonica provi il circuito durante i periodi di picco della diafonia. Questo è il miglior modo per individuare la sorgente e apportare correzioni. I tecnici dovrebbero anche assicurarsi che i loro livelli di trasmissione non superino le specifiche per evitare di diventare una sorgente di diafonia.

## ECHI E RIFLESSIONI

Per ottenere il massimo trasferimento di potenza, bisognerebbe che le impedenze fossero adattate. Ma se l'impedenza non è costante lungo la linea telefonica, qualche frequenza di segnale può essere riflessa indietro, verso la sorgente, dal punto dove c'è disadattamento di potenza. Nella trasmissione vocale la potenza riflessa arriva qualche tempo più tardi e risuona come un eco. L'effetto non è dannoso per la trasmissione vocale poiché gli uomini riconoscono l'eco e lo ignorano. Gli apparati commerciali (invece) rispondono semplicemente ai segnali che si hanno sulla linea di trasmissione e, quindi, gli echi possono produrre errori nei dati.

La figura 10-10 mostra l'eco che si ha collegando direttamente una linea aperta ad una coppia di cavi. Poiché le impedenze delle due linee di trasmissione sono diverse, il collegamento diretto porta a un disadattamento di impedenze.

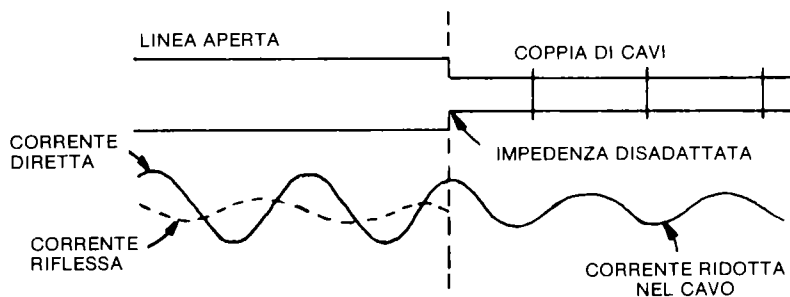


Figura 10-10. Effetto del disadattamento d'impedenza

Nella figura 10-10 il disadattamento dell'impedenza provoca riflessioni delle onde. L'onda riflessa si somma algebricamente all'onda diretta e determina la sua distorsione. Per di più la tensione d'uscita dal cavo viene ridotta a causa della tensione riflessa. Anche se la distorsione e la riduzione in ampiezza non sono sufficienti per produrre problemi nella trasmissione dei dati, la riduzione in ampiezza porta a un più basso snr e l'effetto del rumore random e impulsivo diventa, nel circuito, più rilevante.

Il ritardo che intercorre tra la generazione della forma d'onda originale e la forma d'onda riflessa è funzione della lunghezza del circuito e del punto particolare in cui le impedenze sono disadattate. Il ritardo può variare da pochi millisecondi in un circuito di 300 km a 75 o più ms nel cavo transatlantico New-York-Londra. Il ritardo dell'eco nelle trasmissioni via satellite può raggiungere il mezzo secondo. In pratica, maggiore è il ritardo dell'eco, più probabile è che esso provochi un deterioramento della qualità di trasmissione.

Nel circuito telefonico si usano circuiti di adattamento per ridurre gli echi e le riflessioni. Questi circuiti saranno discussi nel prossimo capitolo. Inoltre soppressori d'eco, di cui si dirà, sono spesso inseriti in tronchi di linea a 4 fili quando il tempo di propagazione supera i 40 o 50 msec. Il tecnico può contribuire a ridurre gli echi e le riflessioni assicurandosi che le terminazioni delle linee siano sempre collegate a impedenze idonee.

## RITARDO

Il ritardo è una misura del tempo richiesto da un segnale per attraversare un dispositivo o un conduttore. Durante la trasmissione di segnali attraverso circuiti telefonici si hanno due tipi di ritardo. Essi sono il "ritardo assoluto" e il "ritardo di gruppo".

La velocità con cui i segnali viaggiano attraverso un mezzo di trasmissione è detta velocità di propagazione. Le onde radio nello spazio libero viaggiano ad una velocità vicina a quella della luce e la velocità di propagazione è di 300.000.000 metri al secondo. In tutti gli altri mezzi di trasmissione la velocità di propagazione è inferiore a causa delle qualità reattive della linea.

Ogni mezzo di trasmissione determina uno spostamento di fase della forma d'onda. Ciò può essere dimostrato supponendo di avere una linea di trasmissione teorica-

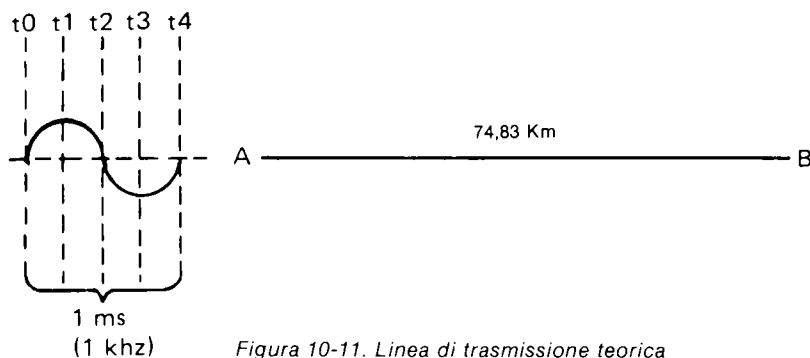


Figura 10-11. Linea di trasmissione teorica

mente perfetta (senza perdite in potenza o reattanza) di data lunghezza, a cui è applicato un segnale di frequenza costante. Per esempio un segnale a 1000 Hz sia applicato a una linea di trasmissione perfetta lunga circa 75 km. La figura 10-11 mostra la linea di trasmissione e la forma d'onda d'ingresso.

Un ciclo del segnale d'ingresso dura 360°. Il periodo è 1 ms.  
Quindi ogni 90° del segnale rappresenta un tempo assoluto di 250  $\mu$ s.

Il tempo impiegato dal segnale elettrico per andare da A in B nella figura 10-11 è uguale alla distanza diviso la velocità. Cioè

$$t = \frac{d}{s} = \frac{75}{300.000} = \approx 250 \mu s$$

Quindi, se è applicato un ciclo di un segnale a 1000 Hz, e l'inizio del ciclo si ha all'istante  $t_0$ , questo inizio si ritrova, nel punto B, 250  $\mu$ s dopo. Il ritardo è pari a 250  $\mu$ s ed è funzione della lunghezza della linea di trasmissione. Visualizzando simultaneamente le forme d'onda d'ingresso e d'uscita essi appaiono come in figura 10-12.

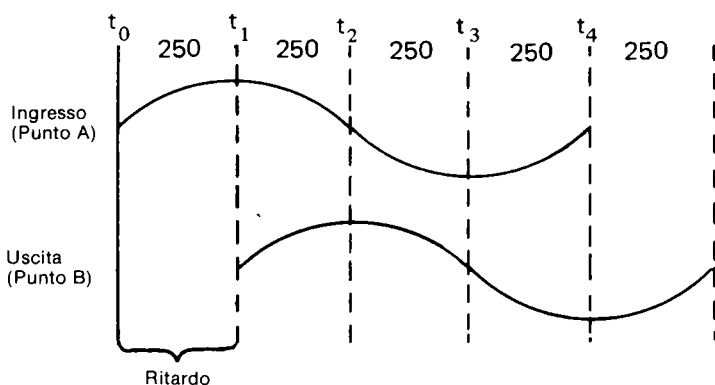


Figura 10-12. Forme d'onda a 1000 Hz

Poichè 90° dell'onda equivalgono a 250  $\mu$ s e il ritardo è uguale a 250  $\mu$ s, la differenza di fase tra ingresso e uscita è di 90° gradi. Risulta naturale che lo spostamento di fase espresso in gradi dipende dalla lunghezza della linea e dalla frequenza. Raddoppiando la frequenza del segnale d'ingresso applicato alla linea di trasmissione non cambia il ritardo, ma si ha una variazione di fase di 180° alla frequenza di 2000 Hz.

Al di sopra di una certa frequenza di riferimento (nominale da 4000 a 10000 Hz) la velocità di propagazione è relativamente costante per tutte le frequenze. Una caratteristica dei tipi diversi di mezzi di trasmissione a filo è che la velocità media in ognuno di essi dipende dal tipo, dalla dimensione e dalla forma dei conduttori, dalla relazione con altri conduttori e la terra e dal tipo di materiale isolante dielettrico impiegato. L'espressione che descrive questa caratteristica è il "fattore di velocità" (VF). Il VF di una linea di trasmissione è il rapporto tra la velocità media di propagazione in quella linea e la velocità della luce.

Il VF è utile per approssimare il ritardo assoluto di una data linea di trasmissione. Il ritardo assoluto è una misura del tempo intercorso tra la trasmissione e la ricezione di un'unica frequenza. Il ritardo assoluto tra due punti può calcolarsi usando la formula:

$$D_t = \frac{1}{(s) \quad (VF)} (d)$$

dove  $D_t$  è il ritardo in secondi,  $s$  è la velocità della luce, VF è il fattore di velocità del mezzo di trasmissione, e  $d$  è la distanza. Per esempio, il VF di una linea a 2 fili in aria è 0,975. Supponete di voler determinare il tempo di ritardo assoluto di una linea aperta lunga 32 km. Sostituendo nella formula si ha:

$$D_t = \frac{1}{300.000 \times 0,975} (32) \\ = 110 \mu\text{sec}$$

Nella tabella 10-1 sono riportati i VF ed i  $D_t$  di alcune linee di trasmissione a filo tipiche. Per ciascun esempio è riportato in parentesi il tipo di dielettrico.

Tabella 10-1. Esempi di ritardo assoluto

RITARDO						
Tipo di linea		VF	ns/foot	$\mu$ s/miglio	ns/metri	$\mu$ s/km
APERTA A 2 FILI	(ARIA)	0,0975	1,04	5,50	3,42	3,42
COASSIALE	(ARIA)	0,85	1,20	6,31	3,92	3,92
A 2 FILI	(SOLIDO)	0,68	1,49	7,89	4,90	4,90
COASSIALE	(SOLIDO)	0,66	1,54	8,13	5,05	5,05

Il ritardo assoluto è principalmente una funzione della lunghezza del mezzo di trasmissione. La differenza di velocità nei diversi mezzi di trasmissione non determina problemi di trasmissione perchè gli elementi del segnale sono riferiti l'uno all'altro,



piuttosto che all'istante della loro generazione. Per questa ragione raramente si fissa un ritardo assoluto per i circuiti telefonici e le misure di ritardo assoluto sono di scarso significato.

Invece le differenze di velocità *tra le frequenze* possono determinare problemi nella trasmissione dei dati. La velocità di propagazione di una certa frequenza è detta "velocità di fase" di quella frequenza. Le differenze delle velocità di fase aumentano alle frequenze più basse, soprattutto al di sotto di 4000 Hz. Uno dei fattori che contribuisce alla diversità della velocità di fase è la reattanza induttiva della linea. Un circuito puramente induttivo provoca una variazione della fase del segnale di  $90^\circ$  e un circuito RL provoca una variazione di fase inferiore a  $90^\circ$ .

Per una data linea di trasmissione si ha un determinato valore di induttanza. Quando la frequenza del segnale applicato alla linea aumenta, aumenta la reattanza induttiva. Poiché la reattanza induttiva si oppone al flusso di corrente, i segnali a frequenza più elevata incontrano, nel loro viaggio sulla linea, una resistenza maggiore. Ciò sembra voler dire che le frequenze più alte si propagano in linea più lentamente di quelle basse.

Però, quando la frequenza del segnale applicato alla linea aumenta, la corrente tende a fluire più vicino alla superficie del filo, allontanandosi dal centro. Questo fenomeno si chiama "effetto pelle" e riduce in effetti la reattanza induttiva della linea, provocando un aumento della velocità di fase dei segnali a frequenza più alta.

Anche la capacità influenza la velocità di fase di un mezzo di trasmissione. I segnali elettrici viaggiano nello spazio alla velocità della luce. Nelle linee aperte il materiale dielettrico è l'aria (costante dielettrica = 1) e la velocità di fase è più grande che nelle linee con dielettrico solido (costante dielettrica  $>1$ ). La costante dielettrica (che in parte determina la capacità) è idealmente fissa per un materiale particolare. In pratica la costante dielettrica di un materiale cambia con la frequenza. La variazione può essere positiva o negativa (o entrambe) ed è non lineare. La tendenza generale su un intervallo di frequenza è normalmente una riduzione della costante dielettrica, che porta a velocità di fase più alta per segnali a frequenza più alta.

Un mezzo in cui la velocità di fase di un'onda è legata alla frequenza è detto mezzo dispersivo. Un prisma è un mezzo dispersivo. Quando si usa un prisma per scomporre la luce bianca nei suoi colori componenti, le frequenze più alte (violetto) sono rifratte o deviate maggiormente delle frequenze più basse (rosso), come mostrato nella figura 10-13. Questo equivale a dire che nel mezzo (prisma) le frequenze più al-

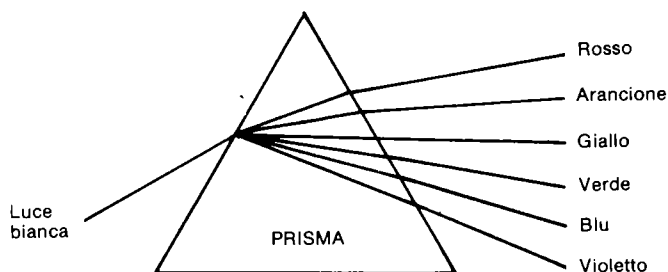


Figura 10-13. Un mezzo dispersivo

te si propagano più lentamente di quelle più basse. Questa dispersione è nota come "dispersione normale" poichè le curve sono previste per ciascun caso. In un mezzo dove è vero l'opposto (le alte frequenze hanno una velocità più grande delle basse) la caratteristica è descritta come dispersione "anomala". Una data linea di trasmissione, in funzione dell'intervallo di frequenze applicate, può dare nessuna dispersione, dispersione anomala, dispersione normale o tutte e tre. La figura 10-14 mostra le caratteristiche dispersive di un mezzo di trasmissione tipico.

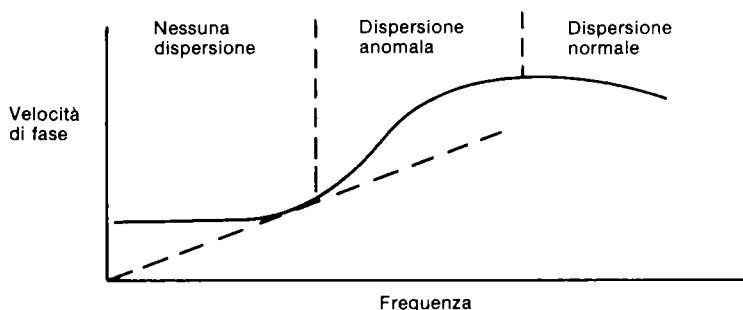


Figura 10-14. Curva tipica della velocità di fase in funzione della frequenza

I circuiti di trasmissione telefonici generalmente presentano o nessuna dispersione o una dispersione anomala nell'intervallo di frequenza applicata. In una linea standard aperta la velocità di fase è di circa 225.000 Km al sec. (Km ps) a 250 Hz, aumentando a circa 290.000 Km ps a 3000 Hz. Come confronto, la velocità di fase varia da circa 40.000 km ps a 120.000 km ps per le stesse frequenze, se il mezzo di trasmissione è una coppia di fili di un cavo multiconduttore. È degno di nota il fatto che le frequenze negli apparati terminali per portante (superiori a 4000 Hz) si propagano circa alla stessa velocità delle linee aperte o delle coppie dei cavi.

La velocità di una forma d'onda composta, che si propaga su una linea di trasmissione, è detta "velocità di gruppo" o "velocità d'involuppo". Alcune delle frequenze del-

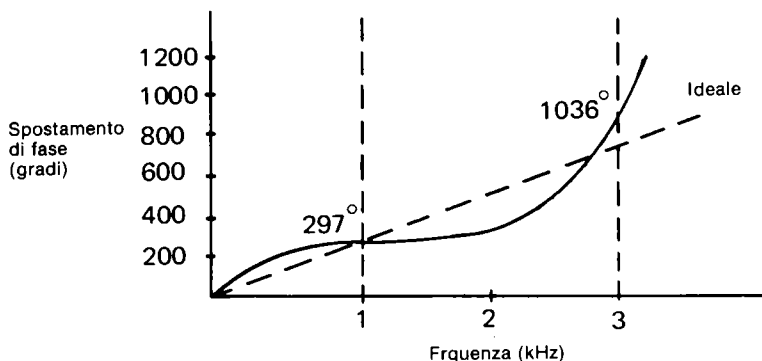


Figura 10-15. Curva di spostamento di fase (tipica)

l'involuppo oltrepassano la velocità di gruppo, e altre attraversano il circuito più lentamente. L'involuppo (gruppo) può contenere ognuna delle frequenze comprese nella banda passante considerata.

La figura 10-15 mostra una curva di spostamento di fase che può aver luogo in una sezione di cavo caricato. (il caricamento è la tecnica di aggiungere elementi a blocchi di induttanza o capacità a intervalli uniformemente spaziali per migliorare le caratteristiche della linea). Lo spostamento di fase ideale a 3000 Hz è esattamente tre volte lo spostamento di fase a 1000 Hz.

La *distorsione di ritardo* è una misura della differenza nel tempo di arrivo di due diverse frequenze dell'involuppo. Nell'esempio precedente, la differenza nel tempo di arrivo può essere calcolata determinando la differenza in fase dei due segnali (in gradi) e moltiplicando per il periodo della frequenza usata come riferimento. Per esempio, se si prende come riferimento il periodo di un segnale a 3000 Hz ( $333 \mu\text{s}$ ), la distorsione di ritardo è uguale a:

$$\frac{1036 - (3 \times 297)}{360} (0,000333) = 134 \mu\text{sec.}$$

Al contrario, se come riferimento si usa il periodo di un segnale a 1000 Hz (1 msec), la distorsione di ritardo è uguale a:

$$\frac{(1036/3) - 297}{360} (0,001) = 134 \mu\text{sec}$$

Un segnale a 1000 Hz è ritardato di  $134 \mu\text{sec}$  rispetto al segnale a 3000 Hz. Le espressioni di distorsione di ritardo sono fatte rispetto ad un'altra frequenza e sono valide solo per queste due frequenze.

È difficile trasmettere un'unica frequenza su un circuito e misurare il suo ritardo di fase, perché non può essere fissato un riferimento di fase preciso, a meno che non siano disponibili nello stesso posto entrambe le estremità del circuito.

Per questa ragione sono più comuni le misure sul ritardo d'involuppo. Il ritardo d'involuppo (ED) è misurato trasmettendo attraverso il circuito una forma d'onda modulata a banda stretta e paragonandola al ricevitore ad un generatore riferimento (AM). La larghezza di banda delle forme d'onda AM è molto piccola (normalmente da 50 Hz a 166 Hz) rispetto alla larghezza di banda del canale. Questo metodo non porta alla vera distorsione di ritardo ottenuta dalla curva dello spostamento di fase, ma ha il vantaggio di poter essere misurata e corretta.

Il ritardo d'involuppo è una derivazione dello spostamento di fase rispetto alla frequenza, e rappresenta la pendenza della curva a quella frequenza. Una frequenza che subisce il minimo ritardo assoluto (tipicamente i 2000 Hz) viene scelta come riferimento. A questa frequenza il ritardo è considerato uguale a zero e le altre frequenze della banda hanno più o meno (positivo o negativo) ritardo rispetto al valore di riferimento. Quando il ritardo d'involuppo alle varie frequenze è riportato su un diagramma in funzione al suo riferimento si ha un grafico simile a quello mostrato in figura 10-16.

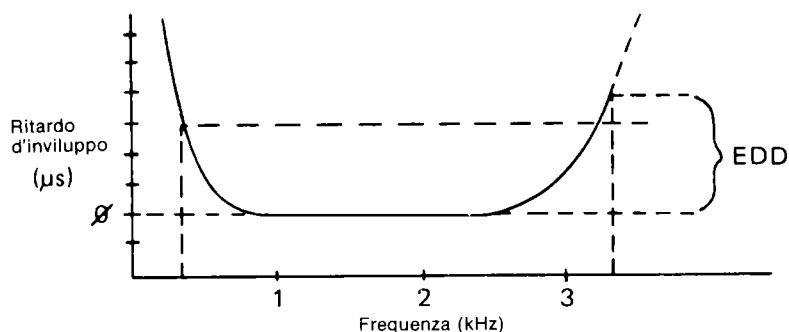


Figura 10-16. Curva di ritardo d'involuppo

Nella figura 10 -16 la massima differenza misurabile (nelle peggiori condizioni) nel ritardo d'involuppo nella banda delle frequenze interessate è una specifica della distorsione del ritardo d'involuppo (EDD). Il ritardo d'involuppo di un circuito particolare è uguale alla somma dei singoli ritardo d'involuppo degli elementi del circuito (linee, apparati per portante, apparati terminali, ecc.). Anche le onde riflesse influenzano il ritardo d'involuppo, ed una precisa determinazione di esso si può ottenere solo mediante apparecchi di misura.

La distorsione di ritardo può provocare problemi nella trasmissione dei dati. Nella trasmissione FSK è possibile che una delle frequenze trasmesse viaggi ad una velocità maggiore delle altre, provocando la sovrapposizione dei simboli dei dati durante il passaggio da una frequenza più bassa ad una più alta, e distanze e vuoti nella forma d'onda quando si passa da frequenze più alte a più basse o viceversa. Questa interferenza tra i simboli può provocare errori nei dati o un comportamento fuori dalle specifiche che, sommato ad altri parametri marginali del circuito, può rendere il canale inaccettabile per la trasmissione dei dati.

Gli apparecchi di misura del ritardo d'involuppo contengono un trasmettitore ed un ricevitore. Il trasmettitore produce un'onda AM di riferimento e un'onda di prova AM. La frequenza portante del riferimento (R) è fissa mentre quella d'onda di prova (S) è variabile nella banda di frequenze. L'onda di prova è trasmessa sul circuito e la fase del segnale AM rivelato è paragonata a quella del segnale di riferimento rivelato. La differenza tra esse indica la pendenza della curva dello spostamento di fase alla frequenza o vicino alla frequenza portante di prova. Il ritardo d'involuppo (la pendenza della curva) è normalmente minimo nell'intervallo 1500 ÷ 2000 Hz. Centrando le frequenze mark e space intorno a questo punto minimo si avrà per ognuna una quantità di ritardo simile. Inoltre, riducendo la larghezza di banda dell'involuppo FSK, generando frequenze mark e space più vicine tra loro, si riduce la distorsione di ritardo poiché la differenza tra le velocità di propagazione è ridotta (ma questo richiede generalmente nel MODEM in ricezione una circuiteria di rivelazione più sofisticata).

Nella figura 10-17 sono mostrati due metodi di prova fondamentali del ritardo d'involuppo. Quando si usa il metodo end-to-end si genera una frequenza portante e la si modula nel trasmettitore. L'onda AM è trasmessa attraverso il circuito dove la USB,

la LSB e la portante subiscono ognuna quantità leggermente diverse di spostamento di fase. Nel ricevitore l'onda è demodulata e confrontata con un segnale di riferimento, generato in loco, di fase costante.

Quando si usa il metodo di prova loopback, il segnale di prova AM (S) è trasmesso attraverso il circuito telefonico e, usando un ponte o un cavallotto, è riportato nello stesso posto attraverso un circuito diverso. Dividendo il ritardo d'involuppo per due si approssima il ritardo d'involuppo di ciascun circuito. Questo metodo non è completamente preciso in quanto le caratteristiche di ritardo dei circuiti possono essere diverse.

Un metodo per approssimare il ritardo di fase di un circuito è quello di usare un oscilloscopio che visualizza le figure di Lissajous ottenute confrontando la fase del segnale trasmesso a quella del segnale ricevuto. Entrambe le estremità del circuito in prova devono essere disponibili in uno stesso luogo, oppure si può usare il metodo loopback. La figura 10-18 fa vedere come si esegue questa prova. La figura 10-19 mostra le figure di Lissajous al variare degli spostamenti di fase.

Queste figure di Lissajous mostrano la differenza di fase nel ritorno di un'unica frequenza. Applicando contemporaneamente le frequenze mark e space probabilmente si ottiene una figura insignificante. Se il circuito è relativamente corto la figura di Lissajous indica precisamente lo spostamento di fase. Se il circuito è di lunghezza sufficiente da provocare una variazione di fase che supera di  $180^\circ$  può diventare difficile determinare tale spostamento dall'osservazione dell'oscillogramma poiché, per esempio, l'oscillogramma dello spostamento di fase a  $45^\circ$  e a  $315^\circ$  è uguale.

Un terzo metodo per determinare il ritardo di tempo relativo tra due segnali fa uso di un oscilloscopio per visualizzare il cosiddetto eye pattern. Una sequenza di UNI e ZERI è convertita in FSK e trasmessa attraverso il circuito e visualizzata su un oscillo-

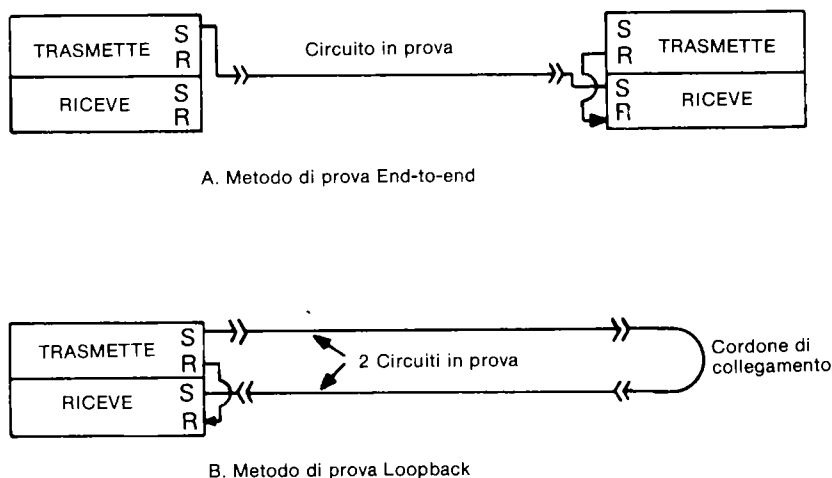


Figura 10-17. Metodi di misura del ritardo d'involuppo

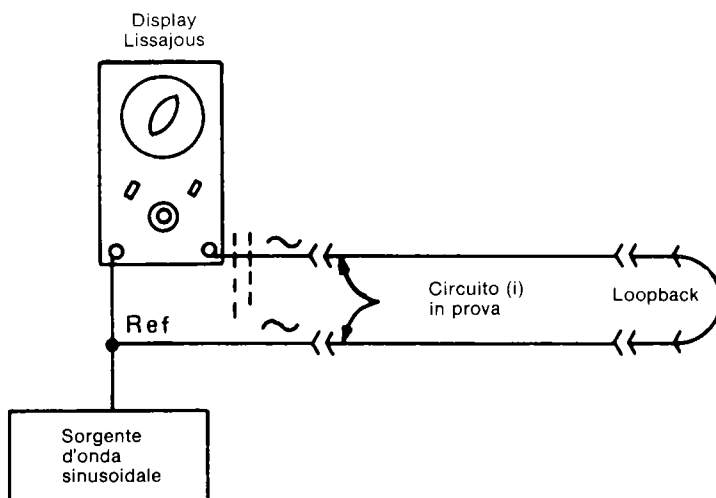


Figura 10-18. Display Lissajous di differenza di fase

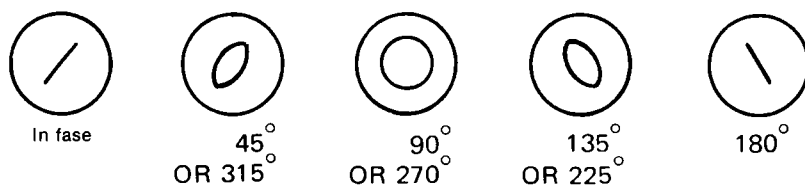


Figura 10-19. Oscillogrammi di Lissajous

scopio. Regolando il tempo di sweep si produrrà sullo schermo una figura come quella di 10-20. Lo spessore della linea (ampiezza verticale) nel punto A indica la quantità di distorsione di attenuazione, e la larghezza (ampiezza orizzontale) della linea nel punto B indica il ritardo di tempo relativo tra le frequenze mark e space.

L'osservazione dell'eye pattern indica la presenza della distorsione di ritardo, ma è difficile dall'oscillogramma giungere a una misura precisa della distorsione. La vi-

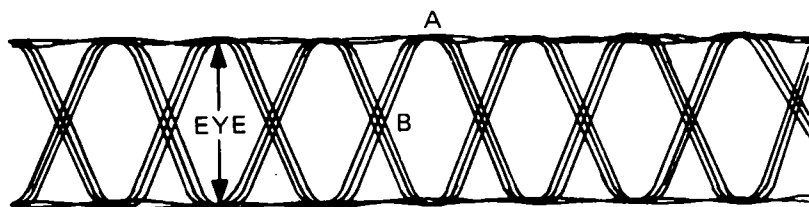


Figura 10-20. Oscillogramma Eye

sualizzazione dell'eye pattern è usato più comunemente quando si deve regolare il ritardo del circuito. In questo caso non è importante il valore esatto della distorsione di ritardo. La regolazione della circuiteria di compensazione del ritardo produce nell'eye pattern variazioni che sono facilmente osservabili e che indicano il risultato di quella particolare regolazione.

## ALTRI PROBLEMI DI TRASMISSIONE

Il jitter descrive l'instabilità dei bordi d'attacco e d'uscita dell'onda del segnale dei dati ricevuta. Tale distorsione è mostrata nella figura 10-21. Essa normalmente si ha a 180 Hz e al di sotto ed è normalmente causata dal ripple dell'alimentazione negli apparati di trasmissione.

L'errore di frequenza nei segnali FSK ricevuti si può avere a causa della differenza tra le frequenze della portante nell'apparato terminale e la portante. Se la frequenza portante reinserita non è esattamente la stessa della frequenza portante originale, le frequenze FSK differiscono di un certo valore. Per esempio, se la frequenza FSK è 1200 Hz e la differenza tra le frequenze portanti del multiplexer e del demultiplexer è di 5 Hz, il segnale ricevuto FSK sarà 1195 Hz oppure 1205 Hz, secondo la particolare tecnica di moltiplicazione, adottata. Il limite usuale dell'errore di frequenza in circuiti riservati di lunga distanza è di  $\pm 10$  Hz.

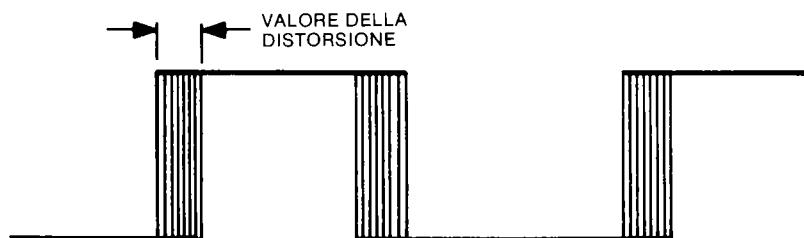


Figura 10-21. Distorsione di una forma d'onda di dati

Nei circuiti può aversi una *non linearità di ampiezza*. Alcune cause comuni di esse sono la saturazione, il filtraggio e la distorsione di crossover negli amplificatori, la distorsione armonica e la compressione della forma d'onda. La distorsione d'ampiezza normalmente è così bassa che trasmissioni con velocità di 1200 baud, e inferiori, non ne sono interessate.

Gli *hits* sono disturbi momentanei di linea che possono provocare mutilazioni ai caratteri dei dati. I *dropouts* sono variazioni a breve termine del livello del segnale separate, distinte e discrete che possono dare errori nella trasmissione. Poco si sa sulla causa degli hits e dei dropouts.

Non si fa alcun tentativo per prevenirli e controllarli. Se il numero degli hits e dei dropouts risulta eccessivo, si devono trattare i circuiti individualmente, poiché è raro il verificarsi di circuiti che risultano inaccettabili a causa degli hits e dei dropouts.

La *perdita d'inserzione* è una riduzione dell'ampiezza del segnale che si verifica quando i circuiti sono collegati insieme. Nei circuiti telefonici l'impedenza è normalmente compresa entro il 40% del suo valore nominale di 600  $\Omega$ , il che significa che il valore della perdita d'inserzione dipende dalla frequenza. La perdita d'inserzione tipica nel punto d'interfaccia è compresa nell'intervallo da 10 a 16 dbm.

## SOMMARIO

Numerosi problemi di trasmissione diminuiscono la qualità delle trasmissioni nei circuiti telefonici. L'attenuazione nei circuiti telefonici. L'attenuazione dovuta al rumore, la distorsione d'attenuazione e la distorsione di frequenza dell'attenuazione modificano le forme d'onda dei segnali tra ingresso e uscita di un circuito. Il rumore, la diafonia, gli echi, le riflessioni e i ritardi entrano nel segnale voluto durante la trasmissione, producendo errori sui segnali dei dati. Queste influenze degradanti devono essere riconosciute e descritte dal tecnico on line durante le sue riparazioni e nelle sue comunicazioni ai tecnici della società telefonica.

## QUESITI

Le risposte ai quesiti che seguono sono riportate nell'Appendice III.

1. Qual'è la parola o la frase che descrive la perdita di potenza uguale che si ha a tutte le frequenze in considerazione?
2. "La risposta scadente alle alte frequenze" è una forma di \_\_\_\_\_.
3. Come possono usarsi i set dei dati per indicare la risposta in frequenza di un circuito telefonico?
4. Quali caratteristiche del circuito provocano la distorsione di frequenza dell'attenuazione?
5. Che cos'è il rumore in un circuito elettrico?
6. Quali sono le due categorie o i due tipi di rumore misurati nei circuiti telefonici?
7. Riportate alcuni fattori che contribuiscono al rumore dei circuiti elettrici.



8. Quali elementi circuitali sono necessari durante misure di rumore per garantire l'attendibilità delle letture?
9. Qual'è il riferimento per misure di rumore espresse in dbrn?
10. Un snr di 68 dbrn indica che il livello di rumore nel circuito non supera i \_\_\_\_\_ dbm.
11. Come sono espresse le misure di rumore impulsivo?
12. Riportate alcuni possibili cause di rumore impulsivo.
13. Dove si originano normalmente i segnali di diafonia?
14. Due tipi di accoppiamento che possono essere responsabili della diafonia sono \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.
15. Descrivete tre modi di trattare problemi circuitali che danno una diafonia eccessiva.
16. Qual'è la causa principale degli echi e delle riflessioni nelle linee di trasmissione?
17. Che cosa influenza il ritardo di tempo che intercorre tra la trasmissione di un segnale e il ritorno dell'eco?
18. Quale elemento relativo alle linee di trasmissione causa il ritardo assoluto?
19. Che cos'è la distorsione di ritardo?
20. Quale proprietà del mezzo di trasmissione provoca la distorsione di ritardo?

21. Perché nei circuiti telefonici è più comune misurare la distorsione di ritardo d'inviluppo piuttosto che la distorsione di ritardo assoluto?
22. Quale parte della banda del canale vocale ha normalmente il minimo ritardo assoluto?
23. Quali sono le due rappresentazioni sullo schermo di un oscilloscopio che indicano il ritardo assoluto o la distorsione di ritardo?
24. L'instabilità del bordo d'attacco e d'uscita della forma d'onda del segnale dei dati è definita come \_\_\_\_\_.
25. Se le frequenze portanti nel multiplexer e nel demultiplexer differiscono di 5 Hz, l'errore di frequenza tra i segnali trasmessi e ricevuti è di \_\_\_\_\_ Hz.
26. Momentanee variazioni a breve termine nel livello o nella fase del segnale sono descritte come \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_.
27. Una normale riduzione che si ha quando i circuiti sono collegati insieme si chiama \_\_\_\_\_.

## CAPITOLO 11

# ELEMENTI CORRETTIVI NEI CIRCUITI TELEFONICI

La comunicazione attraverso i circuiti telefonici non è una operazione semplice. Sono già stati descritti molti parametri di trasmissione e sono state fatte già molte considerazioni riguardo ai problemi delle trasmissioni. Considerando appunto i fattori che influenzano il trasferimento del segnale attraverso le linee a filo, è naturale osservare che la qualità dei segnali degrada rapidamente con l'aumentare della distanza.

Le comunicazioni tra New York e Chicago sarebbero praticamente impossibili se la linea di trasmissione fosse costituita semplicemente da una coppia di fili.

Questa sezione dà una breve descrizione di alcuni elementi e tecniche usate dalle società telefoniche per correggere e controllare i parametri di trasmissione e rendere possibili le comunicazioni a lunga distanza. Non sarà svolta la teoria dettagliata e le discussioni tenderanno a dare per lo più concetti generali ed una visione globale dell'argomento.

### AMPLIFICATORI

Nei circuiti telefonici si usano amplificatori per vincere le perdite di attenuazione e per controllare l'snr. I circuiti amplificatori sono normalmente transistorizzati, in moduli a plug-in con controllo del guadagno regolabile; vengono usati insieme a circuiti equalizzatori d'ampiezza. La maggior parte dei circuiti telefonici ha uno o più amplificatori lungo la linea di trasmissione, specialmente in centrale o nei tronchi interurbani.

Un circuito amplificatore fondamentale è mostrato nella figura 11-1. Gli amplificatori della linea telefonica sono normalmente regolabili per fornire un guadagno massimo di 30 db ed una potenza massima d'uscita di + 10 dbm, però raramente sono fatti funzionare al massimo a causa della possibile distorsione di ampiezza.

La figura 11-2 fa vedere come sono collegati nella linea di trasmissione gli amplificatori per compensare le perdite di linea. Il diagramma di potenza sottostante mostra il livello di potenza del segnale nei diversi punti lungo la linea di trasmissione.

Nella figura 11-2 ogni pezzo di linea di trasmissione ha una quantità fissa di attenuazione. Gli amplificatori sono inseriti nei punti dovuti per elevare il livello della potenza del segnale al valore desiderato. Se non ci fossero amplificatori nel circuito il li-

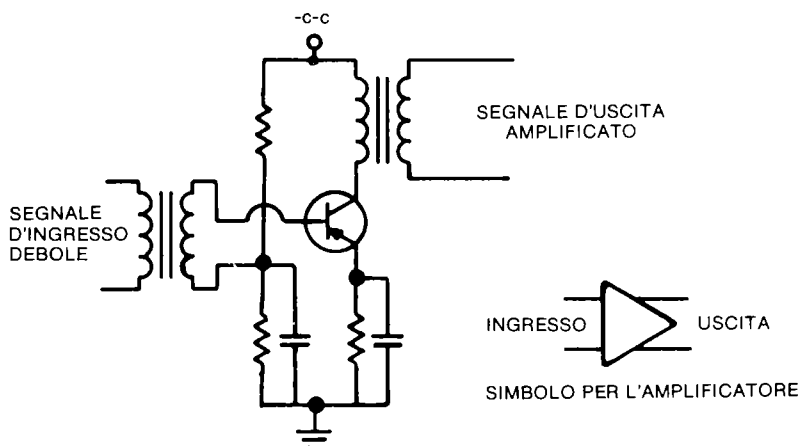


Figura 11-1. Simbolo e circuito amplificatore

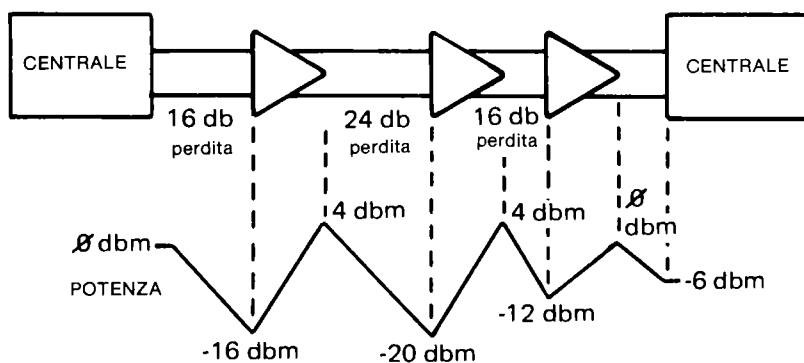


Figura 11-2. Disposizione degli amplificatori delle linee di trasmissione

vello di segnale ricevuto in centrale sarebbe di  $-56$  dbm, cioè pari alla somma di tutte le perdite di linea.

La figura 11-3 mostra il diagramma del livello di potenza rispetto al livello del rumore random lungo la linea di trasmissione.

Gli amplificatori amplificano ugualmente sia il rumore che il segnale. In questo esempio il rumore varia intorno a  $-50$  dbm (40 dbn).

La figura 11-3 fa vedere che gli amplificatori aumentano sia i livelli del segnale che quelli del rumore. In ogni punto l'snr è uguale alla differenza tra il livello di potenza

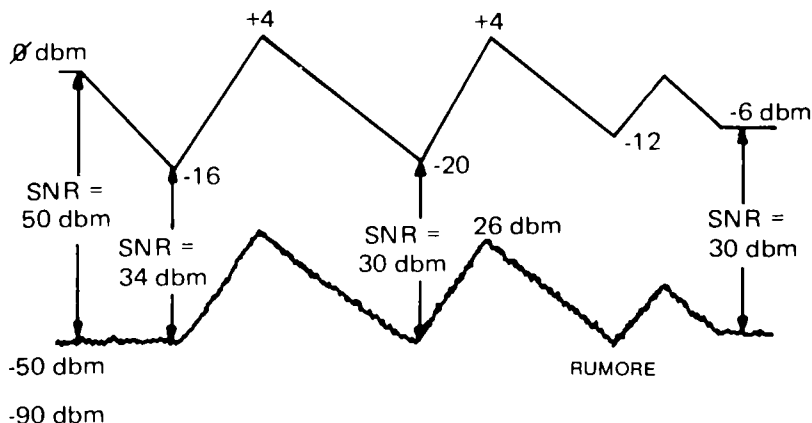


Figura 11-3. Diagramma del livello di potenza del segnale rispetto al livello di potenza del rumore

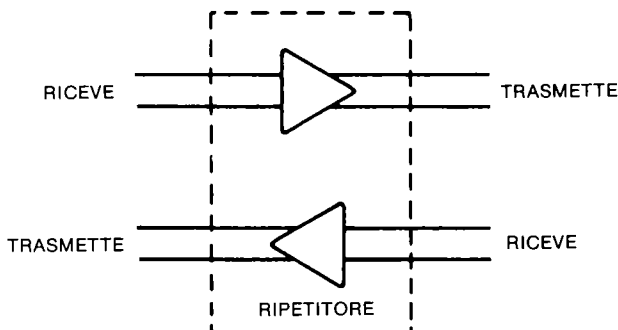


Figura 11-4. Ripetitore a 4 - morsetti

del segnale e quello del rumore. Quando il segnale attraversa il mezzo di trasmissione, l'snr cambia e nei terminali di ricezione è uguale al valore peggiore. Comunque se non si usassero amplificatori nel circuito, il livello di segnale all'estremità del circuito risulterebbe più piccolo di quello del rumore e il segnale potrebbe non essere distinguibile dal rumore.

Nei circuiti telefonici, gli amplificatori sono spesso combinati con i trasformatori ibridi, in unità chiamate ripetitori. Un ripetitore semplice a 4 morsetti in figura 11-4.

Un ripetitore per linee a 2 fili con i circuiti ibridi e di bilanciamento, è mostrato in figura 11-5.

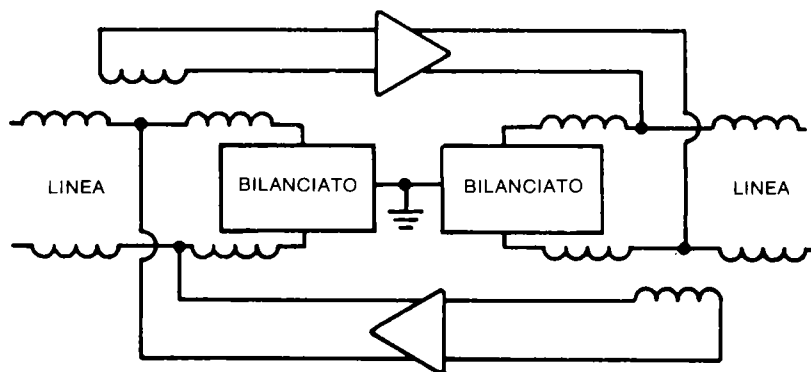


Figura 11-5. Ripetitore a 2 - morsetti

I segnali provenienti da entrambe le direzioni attraversano il circuito e sono amplificati dai rispettivi amplificatori. I circuiti ibridi e i circuiti di bilanciamento mantengono il bilanciamento elettrico dei segnali rispetto alla massa.

L'ultimo tipo di ripetitore presentato ha un'applicazione speciale. Esso è chiamato ripetitore terminale. La maggior parte delle terminazioni d'abbonato sono circuiti a 2 fili, mentre la maggior parte delle linee interurbane sono circuiti a 4 fili. Il ripetitore terminale disegnato in figura 11-6 funziona come convertitore da 2 a 4 fili oppure come convertitore da 4 a 2 fili ed è usato nei collegamenti tra i circuiti d'abbonato (a 2 fili) e i tronchi di linea (a 4 fili).

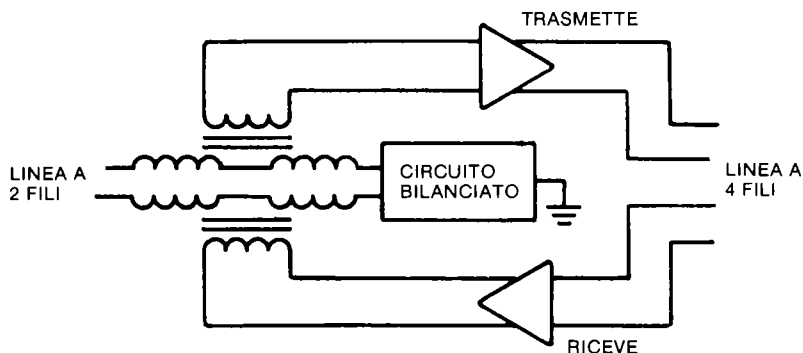


Figura 11-6. Ripetitore terminale

## DISPOSITIVI ADATTATORI DI IMPEDENZA

I dispositivi adattatori d'impedenza sono necessari per massimizzare il trasferimento di potenza e minimizzare gli echi e le riflessioni. I tre metodi d'adattamento d'impedenza d'uso comune impiegano trasformatori adattatori, attenuatori e amplificatori.

Le correnti, le tensioni e le impedenze degli avvolgimenti del trasformatore sono legate al rapporto delle spire dalla formula:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p} = \sqrt{\frac{Z_p}{Z_s}}$$

$N_p/N_s$  è il rapporto del numero di spire dell'avvolgimento primario rispetto al numero di spire del secondario del trasformatore ed  $E$ ,  $I$  e  $Z$  sono le rispettive tensioni, correnti ed impedenze primarie e secondarie.

La formula mostra che cambiando il rapporto di spire primario-secondario cambia anche il rapporto delle impedenze. Quindi i trasformatori possono essere scelti in modo da adattare ogni impedenza ad ogni altra impedenza. Ma non sempre si usano trasformatori come adattatori di impedenze poiché essi presentano perdite di potenza e, entro un certo limite, rispondono meglio ad una frequenza che alle altre.

Tre altre applicazioni dei trasformatori sono il bilanciamento, l'isolamento e la realizzazione di derivazioni. L'uso del trasformatore per passare da linee bilanciate a linee sbilanciate o viceversa è mostrato nella figura 11-7. Il trasformatore adatta anche le impedenze del circuito ad ogni altra impedenza.

Ciascun lato del trasformatore può essere considerato l'ingresso e l'altro lato l'uscita. Di qui segue che il circuito può essere usato per passare da circuiti bilanciati a circuiti sbilanciati o viceversa. Le linee bilanciate sono maggiormente usate per i circuiti riservati e i tronchi di linee, a causa della loro relativa immunità al rumore. I segnali di rumore vengono indotti su entrambi i fili allo stesso livello e polarità e quindi, nella terminazione bilanciata, si annullano l'un l'altro.

I trasformatori d'isolamento sono usati per impedire il passaggio di segnale c.c. tra due punti, mentre tra di essi passa un segnale c.a.. Come mostrato nella figura 11-8, la maggior parte dei MODEMS ha nei suoi circuiti d'uscita, un trasformatore d'isolamento e adattatore d'impedenza. Un primo compito del trasformatore è di impedire il fluire di corrente tra la massa degli apparati commerciali e la massa della centrale.

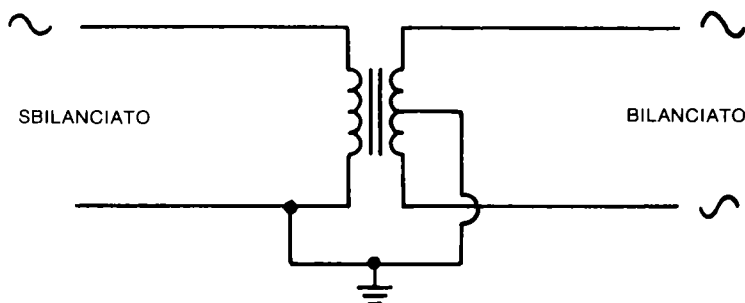


Figura 11-7. Trasformatore per collegamenti tra linee bilanciate e non bilanciate

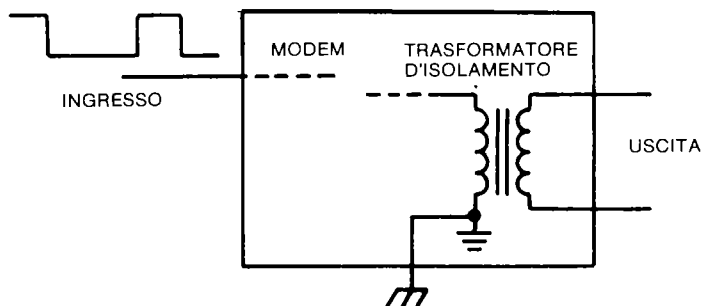


Figura 11-8. Uso dei trasformatori per l'isolamento del circuito

Mentre ciascuna messa a terra è un punto di riferimento per i segnali e circuiti associati, le due masse possono non essere allo stesso potenziale.

Collegando le masse con un filo di bassa resistenza si possono avere forti correnti alle frequenze di linea e danni agli apparati. Durante la misura bisogna avere cura di assicurarsi che l'apparato di prova *non* porti la massa su entrambe le linee d'abbonato.

I trasformatori di derivazione hanno un unico avvolgimento primario e avvolgimenti secondari multipli. Questi trasformatori si usano quando uno stesso segnale di comunicazione viene mandato contemporaneamente a molti terminali. Un circuito fondamentale con trasformatore di derivazione è mostrato nella figura 11-9.

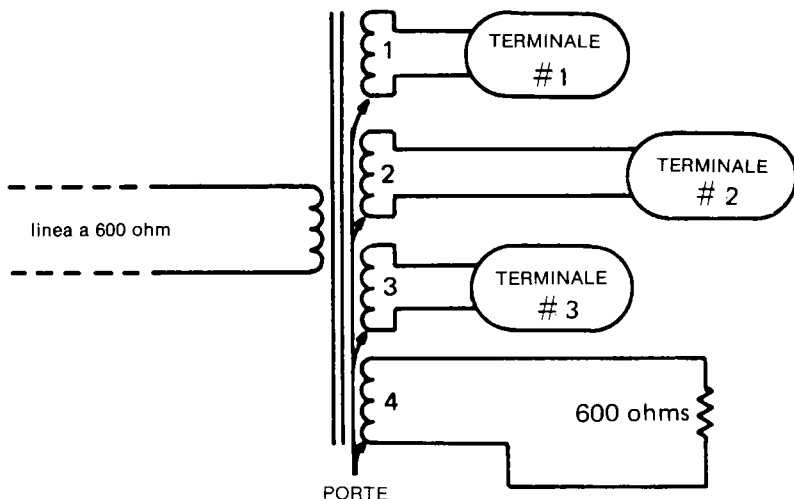


Figura 11-9. Collegamento del trasformatore di derivazione



Il circuito di figura 11-9 è chiamato ponte a 4 porte. Le porte 1, 2 e 3 sono collegate a dispositivi terminali diversi. Notate che la porta 4 è collegata a un resistore di  $600\ \Omega$ . Ciascuna porta del ponte DEVE vedere una impedenza corretta per assicurare che l'avvolgimento primario presenti l'impedenza corretta al circuito telefonico. Una porta non usata o non collegata provoca un disadattamento d'impedenza nell'avvolgimento primario.

I "pads" (attenuatori) sono reti di resistenze scelte collegate in modo da adattare le impedenze e inserire perdite d'attenuazione note nel circuito. I pads, sono normalmente forniti e installati dalla società telefonica ed il calcolo del loro valore non sarà descritto in questo testo. I pads sono dimensionati secondo la quantità di perdita di potenza che devono provocare nel circuito. Per esempio, un pad di 8 db può essere inserito in ciascuna linea ricevente per ridurre l'ampiezza del segnale nella stazione ricevente dell'abbonato. Nella figura 11-10 sono illustrati alcuni circuiti attenuatore comuni.

Gli amplificatori ed i circuiti ripetitori possono funzionare anche come dispositivi adattatori d'impedenza. L'amplificatore a transistor ad emettitore comune usato normalmente nel circuito ha un'impedenza d'ingresso compresa nell'intervallo da  $500$  a  $1500\ \Omega$  e un'impedenza d'uscita compresa nell'intervallo da  $20.000$  a  $500.000\ \Omega$ . I trasformatori d'uscita e d'ingresso adattano l'impedenza del circuito amplificatore ai rispettivi valori della linea telefonica.

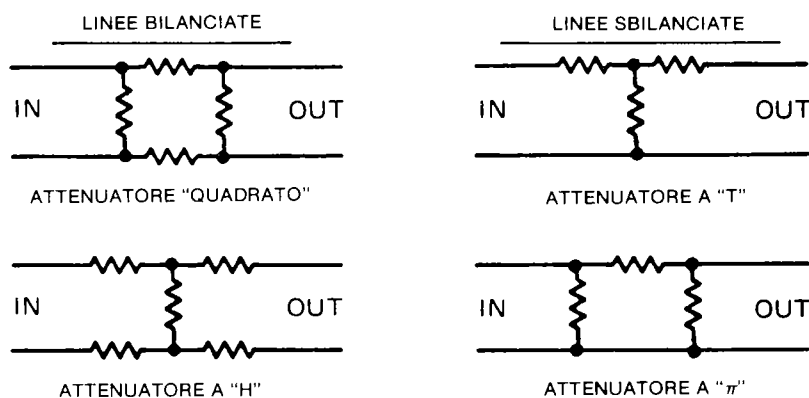


Figura 11-10. Circuiti temponi comuni

## FILTRI

Le precedenti trattazioni hanno rimarcato l'importanza dei filtri nei processi di moltiplicazione e demoltiplicazione degli apparati terminali per portanti, nelle misure di rumore e per sagomare la larghezza di banda, la banda passante e la risposta in frequenza dei circuiti. Le seguenti figure sono configurazioni circuitali fondamentali e caratteristiche di risposta in frequenza, dei filtri più comuni.

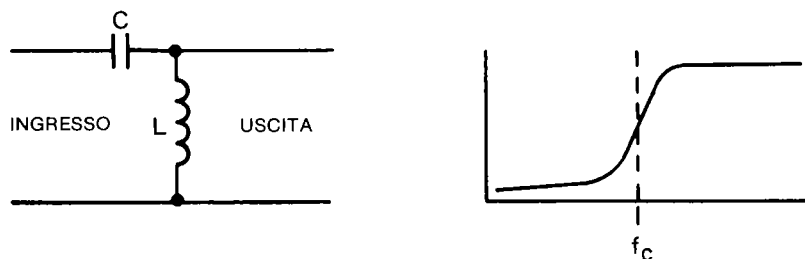


Figura 11-11. Filtro tipo "L" passa - alto

Il filtro passa alto mostrato in figura 11-11 fa passare dall'ingresso all'uscita tutte le frequenze al di sopra di una frequenza di taglio ( $f_c$ ) di riferimento. Le frequenze più basse sono attenuate dal filtro. La frequenza di taglio è funzione della combinazione dei valori di  $L$  e  $C$ . La pendenza della curva in  $f_c$  è funzione del rapporto della capacità e dell'induttanza.

I filtri passa basso attenuano le frequenze più alte mentre fanno passare le più basse. Notate che le frequenze indesiderate non sono eliminate completamente dai filtri. Esse sono attenuate di una quantità che dipende dai valori di  $L$  e di  $C$ , dalla resistenza della bobina, dall'impedenza e dall'adattamento d'impedenza del circuito, e dalla particolare frequenza applicata. La figura 11-12 mostra un filtro tipo "T" passa basso.

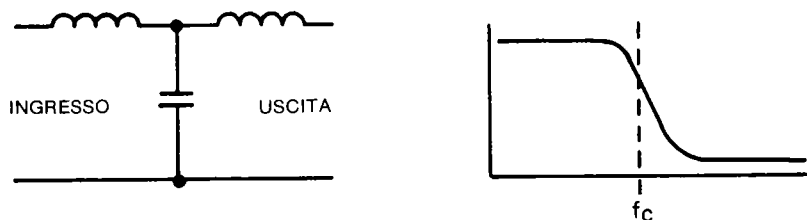


Figura 11-12. Filtro tipo "T" passa - basso

Collegando valori diversi di  $L$  e  $C$  in modo parallelo e serie si realizza un filtro composto. Un filtro passabanda è un filtro composto. Il filtro passabanda ha due frequenze di taglio. Tutte le frequenze comprese tra queste due passano attraverso il circuito con piccola attenuazione, mentre le frequenze esterne alla banda passante desiderata sono fortemente attenuate. Questo tipo di filtro ha diverse applicazioni di moltiplicazione e demoltiplicazione. La figura 11-13 mostra un filtro passa banda composto.

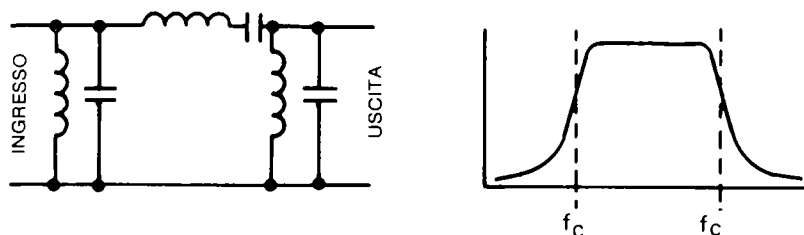


Figura 11-13. Filtro passa banda composto

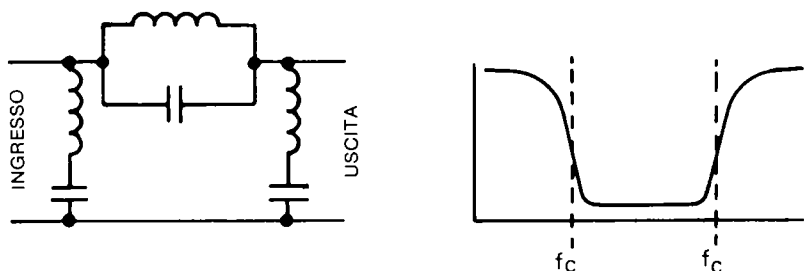


Figura 11-14. Filtro scarta - banda composto

Anche il filtro a reiezione di banda mostrato nella figura 11-14 ha due frequenze di taglio. Nel caso del filtro a reiezione di banda, le frequenze del segnale comprese tra le due frequenze di taglio sono attenuate mentre passano tutte le altre. I filtri a reiezione di banda sono spesso usati nei circuiti telefonici per distinguere i toni di chiamata e ricerca dagli altri segnali.

Due filtri speciali già ricordati sono il filtro "F1A" e il filtro "message C". Numerosi esperimenti sui ricevitori telefonici e sugli effetti dell'interferenza del rumore sui segnali del parlato hanno portato a produrre curve di risposta in funzione della frequenza per i circuiti vocali. L'adeguamento della risposta in frequenza usando idonei filtri si chiama "pesatura" del circuito.

La pesatura F1A è basata sulla risposta in frequenza del ricevitore F1A usato nell'apparecchio telefonico Bell 302. Le misure di rumore basate sui pesi F1A sono date in "dbrn regolati" o in *dba* e si basano su un livello di riferimento di  $-85$  dbm.

L'apparecchio telefonico più nuovo Bell 500 ha una diversa risposta in frequenza e, per le misure, necessita di un filtro dei pesi diverso. Il filtro idoneo per le misure in questo sistema è detto filtro messaggio C. Le misure di livello di rumore con i pesi del messaggio C sono date in dbrnC e si basano su un livello di riferimento di  $-90$  dbm. I pesi del messaggio C vengono usati più comunemente. Gli apparati per la misura del rumore sono normalmente dotati di filtri commutabili del tipo messaggio C, piatto a 3 kHz o piatto a 15 kHz, da inserire nel circuito in prova. La figura 11-15 mostra le differenze di risposta in frequenza tra le curve dei pesi F1A, messaggio C e piatte di 3 kHz.

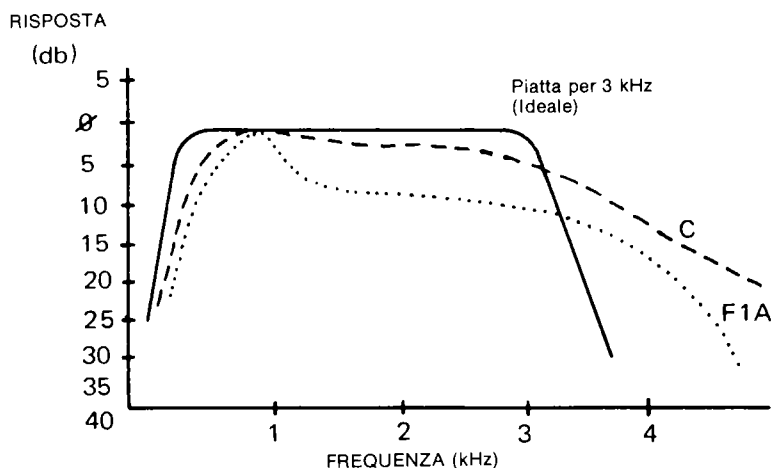


Figura 11-15. Curve di pesatura

## EQUALIZZATORI

Nei circuiti telefonici si usano due tipi di equalizzatori. Sono gli equalizzatori di ampiezza e di ritardo.

Una linea di trasmissione a fili, a causa della serie di induttanze e capacità in parallelo proprie, è essenzialmente un filtro passa basso. Una condizione normale dei circuiti lunghi è che le frequenze più alte subiscono un'attenuazione più grande delle frequenze più basse. Per compensare questo effetto si inseriscono normalmente in linea, con amplificatori e ripetitori, equalizzatori d'ampiezza. La figura 11-16 mostra

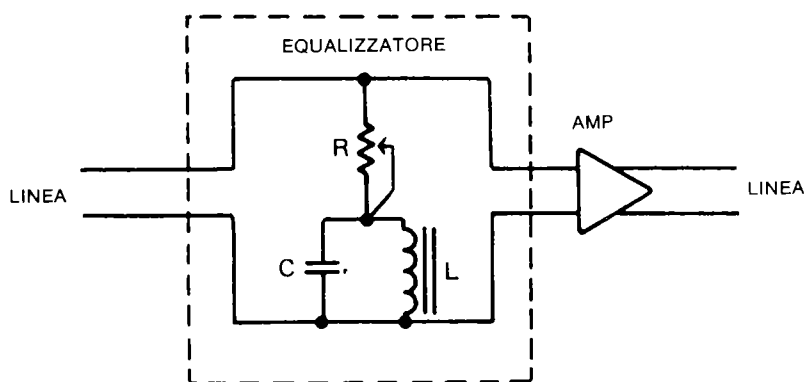


Figura 11-16. Circuito equalizzatore d'ampiezza fondamentale

il circuito equalizzatore d'ampiezza fondamentale. Il circuito parallelo L-C è sintonizzato sulla frequenza più alta della banda passante del circuito desiderato. Come risultato si ha che i segnali a frequenza più bassa sono attenuati di più di quelli a frequenza più alta. La resistenza variabile cambia l'effetto che avrà il circuito L-C, e quindi controlla la differenza d'attenuazione tra i segnali ad alta e bassa frequenza.

La figura 11-17 fa vedere l'effetto voluto del circuito amplificatore-equalizzatore della figura 11-16. La banda originale di frequenze d'ingresso al circuito telefonico è costante in ampiezza. Dopo il passaggio su una sezione di linea telefonica, la banda di frequenze subisce un'attenuazione ordinaria e una distorsione di attenuazione (risposta scadente alle alte frequenze) come mostrato sulla parte sinistra della figura 11-17.

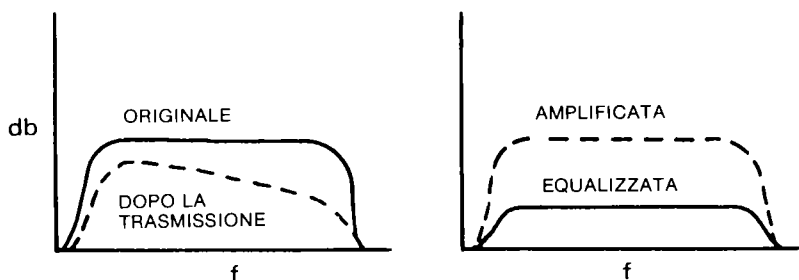


Figura 11-17. Funzione dei circuiti amplificatori-equalizzatori

La parte destra della figura 11-17 mostra come l'equalizzatore d'ampiezza riduca l'ampiezza delle frequenze più basse appiattendolo la curva verso il basso. A questo punto sembra che il segnale abbia subito soltanto un'ordinaria attenuazione. Poi l'amplificatore compensa l'ordinaria attenuazione, aumentando il livello di potenza del segnale entro la banda necessaria per la trasmissione.

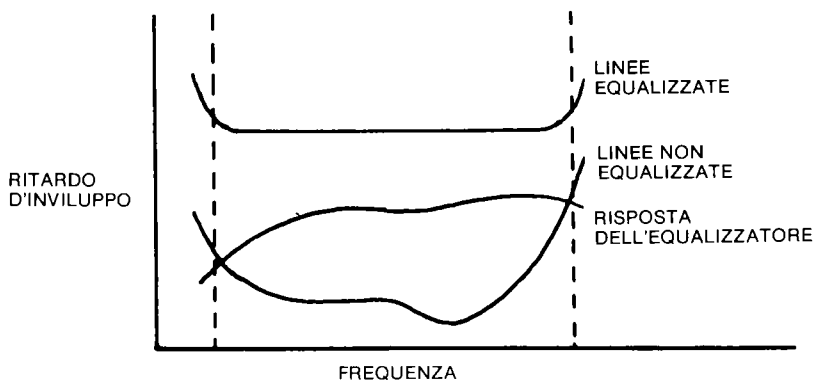


Figura 11-18. Risposta dell'equalizzatore di ritardo

Gli equalizzatori di ritardo sono simili per quanto riguarda la dipendenza della frequenza, ma un equalizzatore di ritardo controlla lo spostamento di fase invece che l'ampiezza. Secondo le esigenze del circuito si usano molte configurazioni di circuito equalizzatore di ritardo. I circuiti equalizzatori di ritardo sono generalmente pannelli modulari plug-in, e l'equalizzazione è compiuta sostituendo i circuiti equalizzatori.

Ripetendo diverse misure di ritardo si individua l'effetto della sostituzione dell'equalizzatore di ritardo oppure l'effetto può essere notato osservando un oscillogramma "ad occhio". La figura 11-18 mostra la risposta dell'equalizzatore di ritardo.

## SOPPRESSIONI D'ECO

Molte società telefoniche che forniscono all'abbonato 2 fili usano convertitori da 2 a 4 fili e trasferiscono i segnali su linee interurbane e intercentrali a 4 fili. Nell'estremità opposta del circuito un altro ripetitore terminale riconverte, presso l'abbonato, il servizio facendolo diventare a 2 fili. Lievi disadattamenti d'impedenze nei ripetitori terminali possono produrre echi indesiderati nella direzione opposta lungo la linea a 4 fili, come mostrato nella figura 11-19.

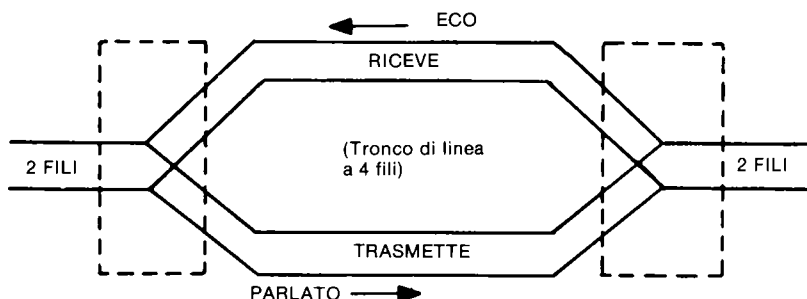


Figura 11-19. Effetto d'eco nei convertitori da 2 a 4 fili

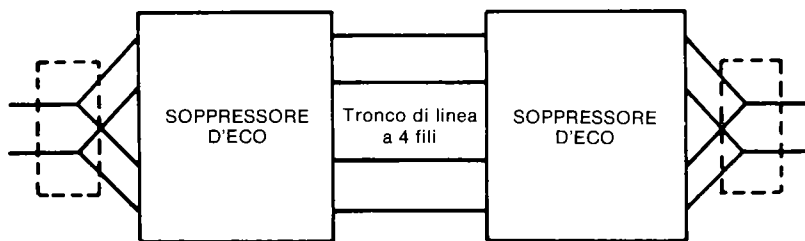


Figura 11-20. Dislocazione del soppressore d'eco nei sistemi interurbani e portanti

L'eco è tollerabile nei circuiti di comunicazione vocale e di dati di piccola lunghezza. Però nei circuiti per lunghe distanze, come il cavo transatlantico New York-Londra, l'eco è ritardato sufficientemente da produrre una degradazione delle comunicazioni. I soppressori d'eco sono spesso inseriti in entrambi i capi dei circuiti lunghi come mostrato in figura 11-20.

Un soppressore d'eco è composto da due amplificatori inseriti sulle linee di ricezione e di trasmissione come mostrato nella figura 11-21. Quando i segnali sono applicati agli amplificatori trasmettenti, si produce una tensione di controllo che disattiva l'amplificatore di ricezione. Ciò provoca circa 45 db di attenuazione sulla linea di ricezione per 10 ÷ 15 msec dopo che il segnale è stato applicato.

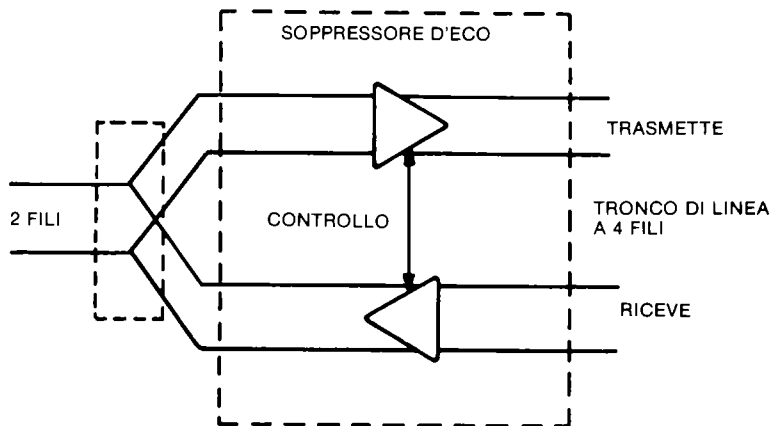


Figura 11-21. Operazioni fondamentali del soppressore d'eco

Durante il periodo di tempo in cui il soppressore d'eco è attivo (bloccaggio della via in ricezione), i segnali vengono trasmessi soltanto in una direzione. Esso è essenzialmente un circuito half-duplex a secondo di quale estremità del circuito trasmette per prima. Il soppressore d'eco viene automaticamente disattivato, quando l'abbonato chiamante cessa la trasmissione, e assume automaticamente il controllo della linea quando trasmette il successivo abbonato.

## COMPANDERS

"Compander" è una contrazione delle parole "compressore" (compressor) ed "espansore" (expander). Questi sono circuiti speciali usati con i sistemi per portanti per migliorare l'snr dei segnali del parlato. Un circuito compander fondamentale è mostrato nella figura 11-22.

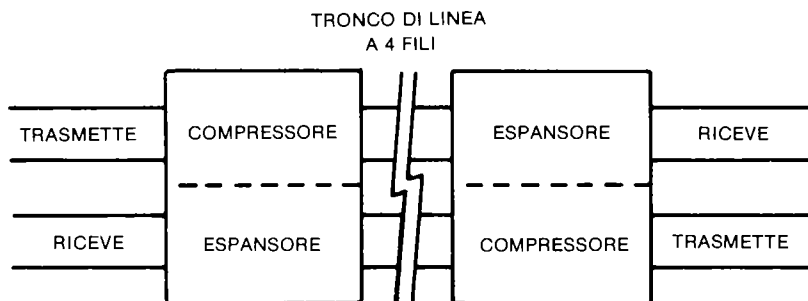


Figura 11-22. Circuito fondamentale che impiega companders

I segnali vocali occupano un intervallo di ampiezza da circa 0 dbm a -50 dbm. Il compressore diminuisce l'intervallo di ampiezza di 50 db o variazioni massime di circa 18 db nella trasmissione. Dopo la trasmissione, l'espansore ricrea l'intervallo d'ampiezza originale e il segnale vocale appare quasi normale. Il vantaggio fondamentale rispetto al rumore è mostrato nel diagramma del livello di potenza della figura 11-23.

La figura 11-23 mostra come i companders riducono l'effetto d'interferenza del rumore casuale. Anche l'effetto del rumore impulsivo è ridotto poiché i companders hanno tempi di risposta lenti, dell'ordine di 4 ÷ 8 cambiamenti per secondo massimo (circa la velocità delle sillabe del parlato). Per questa ragione l'ampiezza alta e i picchi di rumore di breve durata sono attenuati. Poiché i companders non possono distinguere le rapide variazioni delle forme d'onda modulate in ampiezza dei segnali dei dati dal rumore impulsivo, essi non possono essere usati quando i dati sono in forma AM. Comunque i companders possono fornire vantaggi per il rumore random e impulsivo quando i livelli dei segnali dei dati sono costanti.

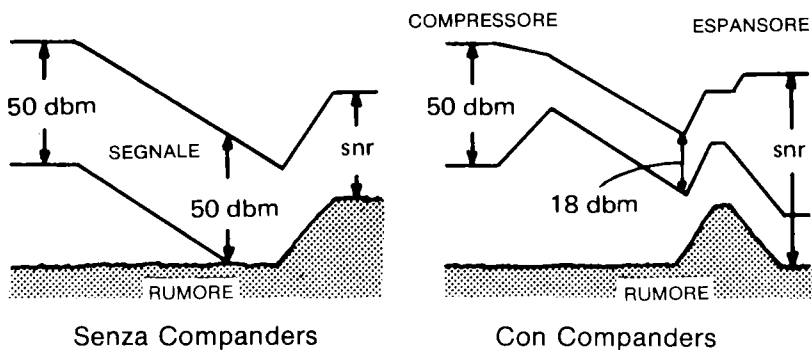


Figura 11-23. Effetto dei companders in un circuito di comunicazione



## SOMMARIO

Nei circuiti per comunicazione e telefonici ci sono molti fattori che possono degradare la qualità dei segnali da trasmettere. Questi fattori variano con la lunghezza della linea, con il tipo di dislocazione e con le applicazioni. Questa sezione ha presentato una breve trattazione su qualche circuito e sulle tecniche correttive che compensano le deficienze delle linee di trasmissione.

Gli amplificatori combinati con i circuiti ibridi formano i ripetitori che compensano le perdite per attenuazione. Il ripetitore terminale funziona anche come convertitore da 2 a 4 fili. Gli equalizzatori d'ampiezza compensano la caratteristica di risposta di frequenza normale delle linee e gli equalizzatori di ritardo compensano la caratteristica di distorsione di ritardo normale. I dispositivi d'adattamento d'impedenza comprendono trasformatori, attenuatori e amplificatori che riducono gli echi e le perdite di potenza e possono avere speciali applicazioni. I filtri sono usati per provare la caratteristica di rumore, per dare la forma alla risposta in frequenza e per selezionare e combinare i canali. I soppressori d'eco possono installarsi in circuiti lunghi per ridurre gli echi e la distorsione. I companders sono dispositivi a due sezioni con guadagno variabile, che migliorano l'snr (rapporto segnale-rumore) dei segnali vocali.

Un abbonato raramente esercita qualche controllo sulla dislocazione, quantità o regolazione degli elementi correttivi dei circuiti telefonici. Questi sono elementi di competenza della società telefonica. L'abbonato normalmente prende in affitto certi servizi dalla società telefonica secondo le sue specifiche (come vedremo nella prossima sezione) e la società installa, prova e regola gli elementi correttivi necessari per fornire la qualità di servizio richiesta dall'abbonato.

## QUESITI

Le risposte ai quesiti che seguono sono riportate nell'Appendice III.

1. Dite due funzioni degli amplificatori usati nei circuiti telefonici.
2. Quando le chiamate sono instradate dalla linea a 2 fili d'abbonato verso tronchi di linea a 4 fili, i segnali devono passare attraverso un ripetitore \_\_\_\_\_.
3. I ripetitori sono amplificatori combinati con circuiti \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.
4. Perché i trasformatori non sono usati in tutti i casi per adattare le impedenze?
5. Elencate tre applicazioni dei trasformatori oltre quella di adattare le impedenze.

6. Perché è necessario che ciascuna porta di un ponte sia collegata a un'impedenza corretta?
7. Elencate quattro tipi di configurazioni di circuiti tampone.
8. Il filtro passa-alto attenua le \_\_\_\_\_ frequenze.
9. Quale tipo di filtro si usa nella maggior parte delle applicazioni nei circuiti telefonici.
10. Cosa significa "pesare" un circuito?
11. Perché si usano gli equalizzatori d'ampiezza nei circuiti telefonici?
12. Qual'è la funzione di un equalizzatore di ritardo?
13. I soppressori d'eco sono inseriti nei tronchi di linea a 4 fili a causa del disadattamento d'impedenza nelle \_\_\_\_\_
14. Nei periodi di tempo in cui i soppressori d'eco sono funzionanti il circuito a 4 fili funziona in modo \_\_\_\_\_
15. Qual'è la funzione fondamentale dei companders nei circuiti telefonici?
16. Perché qualche volta è necessario cambiare companders per la trasmissione dei dati?

## CAPITOLO 12

# SPECIFICHE DEI CIRCUITI

La maggior parte delle società telefoniche mette a disposizione canali vocali standard per la rete di commutazione pubblica. Questi canali non sono adatti per numerose applicazioni.

La maggior parte degli abbonati ha i canali telefonici regolati per le proprie esigenze.

Un tecnico quando installa e prova un nuovo sistema o ricerca il guasto in un sistema che precedentemente funzionava, deve conoscere le specifiche del circuito particolare in modo da valutare la qualità del canale. Le specifiche del circuito vengono fornite dalla società telefonica che gestisce il servizio. I tipi e la qualità dei canali telefonici variano con l'impianto, l'applicazione, e la società telefonica. Non ci sono specifiche standard applicabili in tutti i casi. Parimenti, le singole società telefoniche possono cambiare le tariffe e le specifiche dei loro canali offerte di volta in volta, il che rafforza l'idea che la valutazione della validità del circuito può essere fatta soltanto dopo aver avuto le specifiche attuali del particolare canale.

### SCELTA DI UN SERVIZIO

Gli abbonati delle linee riservate contattano la società telefonica prima che la linea sia installata e determinata. Essi scelgono un canale base e il condizionamento del canale tra un numero di canali disponibili standard. In casi particolari, come la richiesta di un canale a banda stretta o larga, i parametri del circuito e le tariffe sono il risultato di contrattazioni tra la società telefonica e gli abbonati.

Quando l'accordo è completo, la società telefonica installa l'apparecchio d'abbonato ed incanala la linea attraverso i sistemi esistenti intercentrali ed interurbani. Si installano gli elementi correttivi necessari e si regola il canale in accordo con i patti precedenti. Normalmente si fornisce all'abbonato una serie di specifiche riguardanti i parametri del canale. Il cliente non può pensare di conoscere tali specifiche per fare una manutenzione personale, fidando sul fatto che ogni linea è uguale alle altre. Ugualmente se l'installazione esiste già da qualche tempo, il cliente non può pensare di conoscere tali specifiche. Prima di procedere ad una diagnosi del guasto il tecnico deve assicurarsi di avere valide ed attuali informazioni sui parametri del canale.

Come ulteriore esempio sulla variazione della qualità del canale consideriamo la differenza tra un sistema telescrivente della Western Union ed un sistema on line per operazioni bancarie. Un errore d'ortografia nelle parole di un telegramma non influenza drasticamente il contenuto del messaggio. Invece errori nei sistemi on line per operazioni bancarie possono essere intollerabili e quindi si richiede un control-

lo più stretto sui parametri del canale. Normalmente un cliente per operazioni bancarie on line prende in affitto linee di qualità migliori.

Questa sezione si propone di aiutare nella interpretazione delle specifiche del canale. Tutti i particolari parametri sono stati già discussi nelle precedenti sezioni. Qui ora essi compaiono in forma condensata per mostrare le tolleranze e le variazioni di qualità del canale normale.

Le specifiche del circuito discusse qui sono prese solo come esempio. Non devono essere interpretate come le attuali specifiche offerte da ogni società telefonica. Tuttavia, a causa delle necessità simili degli abbonati, le specifiche offerte per i canali a banda vocale sono simili in molti aspetti.

La maggior parte delle società telefoniche dividono i loro parametri circuitali in 5 categorie come ha fatto l'American Telephone and Telegraph Company. Queste categorie comprendono la designazione del circuito, le caratteristiche generali, le caratteristiche d'attenuazione, le caratteristiche di ritardo e le caratteristiche di rumore.

## **DESIGNAZIONI DEL CIRCUITO**

La designazione del circuito è un nome in codice o un numero usato per identificare un particolare canale fondamentale o il condizionamento. L'uso di un circuito è legato alla sua designazione. Per esempio, un canale particolare fondamentale può essere designato come di tipo 4A, 4B, 4C e così via a secondo del condizionamento disponibile.

Un'altra specificazione può farsi per un canale fondamentale 3002 con condizionamento tipo - C. Alcuni usi comuni, per i quali si impiegano particolari condizionamenti sono: trasmissioni solo di dati, solo di voce, alternativamente di voce e dati, di segnali di telescrivente, di telefoto e facsimile. Nelle applicazioni EDP è più comune un canale per "voce e dati alternati o per dati".

## **CARATTERISTICHE GENERALI**

Le specifiche delle caratteristiche generali sono legate alle caratteristiche delle terminazioni della linea e dei collegamenti possibili. In questa sezione si considerano il tipo di servizio, il modo di funzionamento, il tipo e l'impedenza delle terminazioni, e i livelli massimi di potenza del segnale.

Il tipo di servizio è descritto come servizio punto-punto oppure servizio multipunti. Per i circuiti multipunti le velocità di trasmissione variano in funzione del numero di terminali esistenti e, per entrambi i tipi di circuito, variano secondo l'ubicazione e la distanza tra i terminali ...

Il modo di funzionamento può essere in half-duplex oppure full-duplex. Applicazioni semplici (solo una direzione) usano normalmente una linea half-duplex. Le comunicazioni dei dati di macchine commerciali richiedono normalmente almeno una capacità half-duplex.

Il tipo di terminazione ci dice quanti fili vengono portati ad un'abbonato. I circuiti simplex o half-duplex normalmente hanno terminazioni a 2 fili. I circuiti full-duplex ne hanno a 4 fili. Il full-duplex è possibile anche con terminazioni a 2 fili.

Comprese tra le caratteristiche generali ci sono quelle relative all'impedenza di sorgente e di carico. Una specifica tipica può essere "impedenza di 600  $\Omega$  bilanciate, resistiva".

Mentre questa specifica è la più comune in alcuni Paesi le specifiche dell'impedenza possono essere "circuiti con impedenze a 500, 900 o 1000  $\Omega$  per terminazioni bilanciate e non bilanciate".

È specificato il livello di potenza di segnale massimo che all'abbonato è consentito di applicare al circuito.

Tale livello varia notevolmente secondo la società telefonica, il tipo di canale e l'applicazione. Per esempio la specifica per un canale di dati tipo 4B può essere -8 dbm oppure -8VU mentre per il tipo-C il livello massimo di potenza può essere 0 dbm oppure 0 VU (VU è l'unità in volume, equivalente per i segnali vocali al dbm dei segnali di dati). Un tipico livello di potenza massimo in alcuni paesi d'oltremare è -10 dbm o -13 dbm se il canale è usato in senso inverso.

La specifica relativa al massimo livello di potenza è importante per l'abbonato specialmente se si alimentano i MODEMS. Generalmente, aumentando il livello di potenza da trasmettere, si migliora il funzionamento del canale, il rapporto segnale-rumore e diminuiscono gli errori. Però aumentando di molto tale specifica si può provocare diafonia e distorsione e possono nascere contestazioni da parte della società telefonica.

## CARATTERISTICHE D'ATTENUAZIONE

La terza categoria di specifiche descrive l'attenuazione normale e l'attenuazione di frequenza del canale e le variazioni prevedibili di questi parametri. Spesso viene aggiunta la specifica sull'errore di frequenza se sono interessati sistemi per portanti.

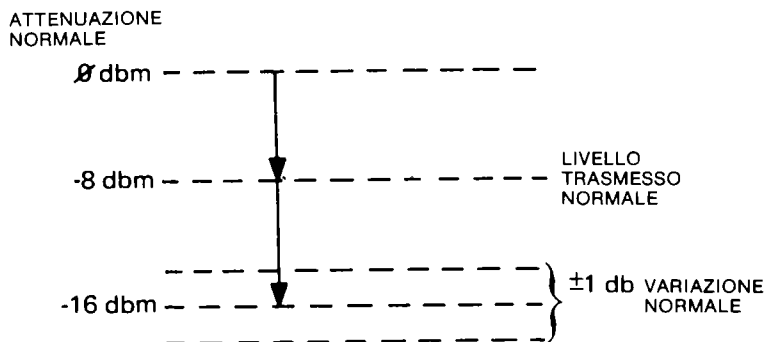


Figura 12-1. Variazioni attese nell'attenuazione del canale

L'attenuazione normale è espressa in dbm. Una espressione tipica può essere "8 db  $\pm$  1 db a 1000 Hz". Normalmente nell'installazione il circuito è regolato per avere la corretta quantità d'attenuazione. Se la specifica di attenuazione normale del circuito è come quella detta prima e se il livello di potenza del segnale d'ingresso normale è -8 dbm, il livello di potenza del segnale ricevuto è probabilmente compreso nell'intervallo da -15 a -17 dbm  $[(-8) + (-8 \pm 1)]$ . Questo è mostrato nella figura 12-1.

Nella maggior parte dei casi il valore del livello massimo di potenza del segnale meno il valore dell'attenuazione normale dà l'intervallo prevedibile dei livelli in ricezione. Un altro esempio simile si ha per una linea con condizionamento di tipo-C. Se il livello di potenza di segnale massimo è 0 dbm e l'attenuazione normale è  $16 \pm 1$  db, il livello di segnale che ci si deve aspettare in ricezione è compreso nell'intervallo da -15 a -17 dbm  $[(0) + (-16 \pm 1)]$ .

L'attenuazione normale vista prima è precisa solo quando il circuito è installato. In quel momento i circuiti sono regolati per fornire il valore richiesto di attenuazione normale.

Poichè i circuiti non sono controllati continuamente, ci si può attendere variazioni normali nel guadagno del circuito in un certo periodo di tempo. Queste variazioni sono generalmente distinte in variazioni a breve e lungo termine.

Le variazioni a breve termine sono quelle che si hanno durante i periodi di manutenzione della società telefonica. Le variazioni a lungo termine sono quelle che è prevedibile avere a causa dei cambiamenti di stagione, dell'invecchiamento del circuito, e così via. Una specifica tipica può essere: "Variazione massima prevedibile di perdita (L) a breve termine ( $\pm 3$ db), a lungo termine ( $\pm 4$ db)". L'intervallo di valori relativo ai livelli di segnale in ricezione che ci si aspetta di avere è più grande quando le misure vengono eseguite qualche tempo dopo che il circuito è stato condizionato. La figura 12-2 mostra l'intervallo atteso di livelli di segnale in ricezione quanto il livello max di potenza del segnale è -8 dbm, l'attenuazione normale è  $8 \pm 1$  db e la variazione a breve termine è  $\pm 3$ dbm.

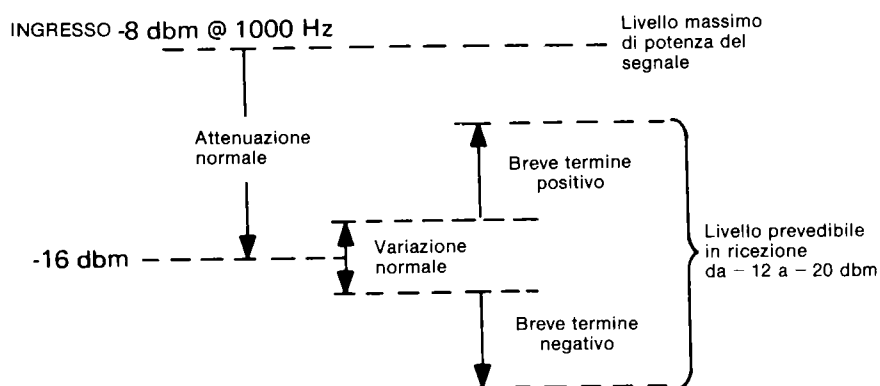


Figura 12-2. Variazioni attese nell'attenuazione del canale

Come mostrato nella figura 12-2, al momento della misura (quando è applicato il livello di segnale d'ingresso e la frequenza corretta) il livello d'uscita del circuito può essere un valore qualsiasi tra  $-12$  e  $-20$  dbm. Se si considerano variazioni a lungo termine, l'intervallo del segnale d'uscita può variare tra  $-11$  e  $-21$  dbm. Questa è una situazione completamente normale. Specificando l'attenuazione normale e le variazioni massime prevedibili, la società telefonica assicura che fornirà all'abbonato ricevente un livello di potenza di segnale d'uscita compreso nell'intervallo, se al circuito è applicato in ingresso il livello di segnale stabilito.

Un'altra specifica è l'attenuazione di frequenza o la risposta in frequenza del canale. Questa è indicata generalmente come una variazione prevedibile di (L) per una variazione nella frequenza trasmessa in una certa parte della banda del canale. Una specifica tipica relativa alla risposta in frequenza può essere così espressa.

<u>Intervallo di frequenza (Hz)</u>	<u>Variazione (db)</u>
300 - 499 (L)	da $-2$ a $+6$
500 - 2800 (L)	da $-1$ a $+3$
2801 - 3000 (L)	da $-2$ a $+6$

Poichè (L) è la perdita netta misurata, relativa alla perdita a 1000 Hz, la specifica della risposta in frequenza indica l'intervallo totale dei livelli di segnale che si dovrebbero avere in ricezione per ogni frequenza compresa tra 300 e 3000 Hz confrontata con il riferimento a 1000 Hz. Generalmente una specifica su di un intervallo più largo di frequenze o una variazione più piccola nello stesso intervallo di frequenze rappresenta un miglioramento della qualità del canale.

Per quel che riguarda la trasmissione dei dati l'area di interesse è quella che comprende le frequenze mark e space.

Idealmente entrambe sono ricevute allo stesso livello. A un dato istante di misura, una differenza nel livello di segnale in ricezione tra le frequenze mark e space superiore a 4 dbm indica che il canale non soddisfa la specifica  $-1 \div +3$ db nell'intervallo di frequenze tra 500 e 2800 Hz.

Quando si usano sistemi per portanti, dovrebbe essere specificato il valore massimo di errore in frequenza introdotto da questi sistemi. Sono usuali valori di  $\pm 5$  o  $\pm 10$  Hz. Se il valore è  $\pm 10$  Hz, un segnale a 1200 Hz applicato ad un trasmettitore, in ricezione sarà  $1200 \pm 10$  Hz. La frequenza space di 2200 Hz applicata allo stesso trasmettitore è ricevuta con una frequenza di  $2200 \pm 10$  Hz.

## CARATTERISTICHE DI RITARDO

Una quarta categoria di specifiche indica le caratteristiche di ritardo che il circuito presenta nella banda del canale.

Per le ragioni dette prima, raramente viene indicato il ritardo assoluto (la distorsione di ritardo). Viene invece specificata la distorsione del ritardo dell'involuppo poichè può essere prontamente misurata e corretta.

Una caratteristica di distorsione del ritardo dell'involuppo tipica può essere espressa come segue.

<u>Intervallo di frequenza</u>	<u>Ritardo dell'involuppo</u>
1000 - 2600 Hz	meno di 500 $\mu$ sec.
600 - 2600 Hz	meno di 1500 $\mu$ sec.
500 - 2800 Hz	meno di 3000 $\mu$ sec.

Inoltre, della caratteristica di distorsione di ritardo si può dare una definizione generale. Un intervallo di frequenza più grande per lo stesso valore di ritardo, oppure un valore di ritardo più piccolo nello stesso intervallo di frequenze rappresenta un miglioramento della qualità del canale. Le specifiche del ritardo d'involuppo sono parametri garantiti oppure condizioni del caso peggiore. Un canale normale ha un po' meno ritardo d'involuppo di quello specificato. Poiché le frequenze tipiche mark e space sono comprese nell'intervallo da 1000 a 2600 Hz come detto prima, il resto della specifica può essere ignorato per la trasmissione dei dati. Inoltre, riducendo la specifica stabilità della distorsione di ritardo dell'involuppo nell'intervallo di frequenza interessato ne risulterebbero miglioramenti nella distorsione dei segnali dei dati interessati.

## CARATTERISTICHE DI RUMORE

La categoria finale delle specifiche indica normalmente il valore del rumore massimo che si può avere nel circuito. Si hanno due tipi di specifiche di rumore relative al rumore caotico (random) e a quello impulsivo.

Il rumore caotico può essere espresso in dbm, in dbrn oppure in dba. Le specifiche espresse in dba sono meno comuni. Esse sono simili alle specifiche in dbrn con la differenza che il riferimento è -85 dbm invece di -90 dbm, e che si applica un filtro diverso per la misura. Una tipica specifica di rumore caotico può essere:

54 dbrn C0  
(26 db)

La parte "C0" della specifica indica che deve essere usato un filtro del tipo messaggio C e che la lettura è riferita a 0 dbm. In questo caso il livello del rumore potrebbe dare una lettura massima (senza segnale) pari a -36 dbm (90 - 54 dbrn) sullo strumento in dbm.

La seconda parte della specifica è la specifica equivalente snr in dbm. Dato un livello di rumore caotico massimo di 54 dbrn C0, il rapporto segnale più rumore/rumore dovrebbe essere 26 db o più grande.

Un rapporto segnale/rumore di 26 db indica che il valore nominale della forma d'onda del segnale dovrebbe essere 26 db sopra il livello di rumore nel caso peggiore, durante la trasmissione. Con un livello di segnale trasmesso normale di -8 dbm e un livello di rumore di -36 dbm, l'snr è pari a 28 db.

Quando si considerano la perdita d'inserzione (attenuazione normale nella stazione ricevente) e le variazioni normali, l'snr reale nei terminali di ricezione può essere peggiore, senza accedere la specifica.

Un altro modo per giungere al valore del rumore caotico si basa sulla lunghezza del



circuito. La tabella 12-1 mostra tipici valori prevedibili di rumore caotico, in funzione della lunghezza del circuito, di un circuito per dati e vocale alternati.

*Tabella 12-1. Valore tipico del rumore caotico*

<b>Lunghezza del circuito (In miglia)</b>	<b>Rumore esterno (dbrnC0)</b>
fino a 50	27
50 - 100	30
100 - 200	33
200 - 400	36
400 - 1000	38
1000 - 1500	40
1500 - 2500	42
2500 - 4000	43
4000 - 8000	45

\* Soltanto dati - 54 dbrnC0 se è necessario, per il funzionamento dei dati, e cambiamento dei Companders

A causa della natura e del formato dei segnali dei dati può essere tollerato un valore grande di rumore caotico. Il rumore impulsivo invece, si avvicina al valore dei segnali dei dati e, piccoli aumenti, fanno degradare rapidamente la qualità del sistema di comunicazione di dati.

Una specifica tipica di rumore impulsivo può essere:

90 conteggi in mezz'ora  
@ 68 dbrnC 6A - VB

Questa specifica indica che è permesso un massimo di 90 impulsi in un periodo di 30 minuti quando si misura con un contatore di rumore impulsivo della Western Electric tipo 6A o equivalente. La soglia dell'apparecchio di prova è regolata su 68 dbrnC e VB indica che nella misura si usa un filtro a banda vocale. Quando ci si riferisce al rumore, il filtro a banda vocale è equivalente pressapoco al filtro del tipo messaggio C.

Le caratteristiche di rumore si possono anche usare per confrontare la qualità dei circuiti. Normalmente una diminuzione del rumore caotico in dbrnC o un aumento nell'snr in dbm indica un circuito di qualità migliore. Per il rumore impulsivo, la riduzione del numero degli impulsi in un dato tempo o l'ottenimento di uno stesso numero di impulsi con un valore più basso della soglia (in dbrnC) indica un circuito di qualità migliore.

L'importanza delle decisioni sulla qualità del circuito basate sui parametri misurati non può essere sovraenfasizzata. È ugualmente importante conoscere le specifiche del circuito quando si deve decidere se il circuito è accettabile o no. Normalmente almeno uno dei parametri del circuito deve essere molto al di fuori delle specifiche, prima di dire che il circuito è inaccettabile per la trasmissione dei dati.

## SOMMARIO

Questa sezione ha presentato alcune specifiche tipiche dei circuiti e il loro significato. La società telefonica locale dovrebbe essere contattata dal tecnico prima di lavorare sui sistemi online per venire a conoscenza dei vari canali offerti e delle specifiche di ognuno di essi.

## QUESITI

Le risposte ai quesiti che seguono sono riportate nell'Appendice III.

1. Quali sono le 5 categorie di specifiche dei circuiti telefonici?
2. Elencate alcuni usi dei circuiti telefonici che richiedono normalmente condizionamenti speciali.
3. Quali specifiche normalmente descrivono le caratteristiche delle terminazioni e dei collegamenti possibili?
4. Se il livello massimo di potenza del segnale è  $-10$  dbm e l'attenuazione normale è  $6 \pm 1$  dbm, il livello che ci si può aspettare in ricezione è tra \_\_\_\_\_ dbm.
5. Perché sono prevedibili variazioni a breve termine dell'attenuazione normale?
6. Qual'è il riferimento normale per le specifiche della risposta in frequenza?
7. Date le seguenti due serie di specifiche per la risposta in frequenza dei canali, quale canale consentirà una trasmissione dei dati di qualità più alta?

Canale A		Canale B	
Intervallo di freq.	Var. (db)	Intervallo di freq.	Var. (db)
350 - 2000 (L)	da $-2$ a $+6$	300 - 499 (L)	da $-2$ a $+6$
2001 - 2500 (L)	da $-3$ a $+8$	500 - 2400 (L)	da $-1$ a $+3$
		2401 - 2700 (L)	da $-2$ a $+6$

8. Quale parte della banda del canale vocale interessa la trasmissione dei dati, quando si considera la distorsione del ritardo d'involuppo?

9. Date due serie di specifiche di ritardo d'inviluppo del canale come segue, quale canale consentirà una trasmissione dei dati di qualità più alta?

Canale A		Canale B	
Intervallo di freq.	Ritardo d'inviluppo	Intervallo di freq.	Ritardo d'inviluppo
800 - 2800 Hz	meno di 500 $\mu$ sec	1000 - 2600 Hz	meno di 500 $\mu$ sec.

10. Una specifica di rumore caotico di 45 dbrnCO indica che il massimo valore di rumore misurato all'estremità ricevente del circuito adottando i pesi del messaggio C è \_\_\_\_\_ dbm.
11. Date due serie di specifiche di rumore impulsivo come segue, quale canale darà un trasferimento di dati di qualità più alta?

Canale A	Canale B
90 conteggi in 1/2 ora	90 conteggi in 1/2 ora
@ 68 dbrn0 6A-VB	@ 72 dbrn0 6A-VB



## CAPITOLO 13

# MODEMS NELLA TRASMISSIONE DEI DATI

Nel recente passato tutte le società telefoniche che fornivano il servizio dati agli abbonati, fornivano anche i MODEMS impiegati nel circuito. Nella maggior parte dei paesi fuori dagli USA, questa è ancora una pratica comune. Negli Stati Uniti, MODEMS della società telefonica vengono normalmente richiesti nei circuiti che possono accedere alla rete pubblica di commutazione, ma quando tale accesso è impossibile, si possono usare, nei circuiti riservati, gli apparati di proprietà dei clienti.

C'è, nel circuito dei dati, un punto di collegamento tra l'apparato d'abbonato e l'apparato della società telefonica. Questo punto è chiamato "interfaccia". La zona di responsabilità del tecnico, nella manutenzione e ricerca del guasto, termina all'interfaccia. La parte di circuito compresa tra le interfacce dipende dalla società telefonica, i tecnici non devono fare manutenzione o ricercare guasti, nei circuiti compresi tra le interfacce. Inoltre, quando la società telefonica fornisce i MODEMS, la loro manutenzione e riparazione non cade sotto la responsabilità dei tecnici EDP ed è proibito effettuarle.

Lo sviluppo dei circuiti di protezione di corrente e tensione ed altri fattori hanno contribuito a sviluppare un atteggiamento più permissivo da parte delle società telefoniche. Sono stati progettati e costruiti nuovi apparati con i MODEMS incorporati, e che possono usare circuiti telefonici affittati sui circuiti in-house. I sistemi saranno usati in un prossimo futuro quando i MODEMS cadranno sotto la responsabilità dei tecnici ed ora stanno discutendo con la società telefonica i problemi relativi alla conoscenza delle funzioni e del funzionamento dei MODEMS. Questa sezione presenta alcune considerazioni fondamentali sul funzionamento, funzione, cablaggio e prova dei MODEMS.

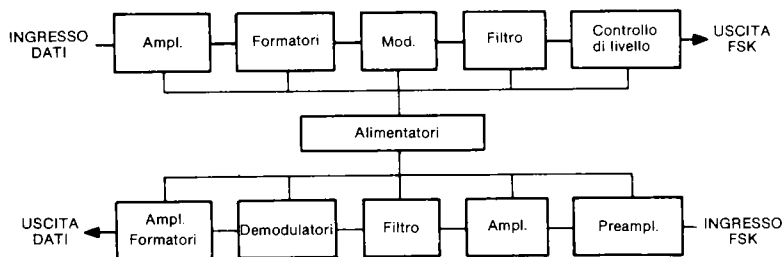
### CARATTERISTICHE DEL MODEM TIPICO

I MODEMS vengono prodotti da molti costruttori. Nella maggior parte dei casi ciascun costruttore offre alcuni modelli diversi. I singoli MODEMS sono progettati per particolari applicazioni ed hanno capacità limitata. Le caratteristiche proprie di un MODEM lo possono rendere accettabile per determinate applicazioni ed inaccettabile per altre.

MODEMS simili, si usano normalmente in tutte le terminazioni di un circuito per comunicazioni a causa dei problemi di compatibilità che potrebbero sorgere usando elementi o modelli diversi.

Nella sua forma tipica un MODEM è costituito di tre parti principali: un alimentatore, un trasmettitore ed un ricevitore. L'alimentatore fornisce le esatte tensioni c.a. e c.c. per il funzionamento della circuiteria del MODEM. Il trasmettitore comprende un modulatore e un amplificatore associato, un filtro, un generatore d'onda, e circuiti di controllo di livello. Il modulatore è la parte operativa del trasmettitore convertendo i livelli dei dati c.c. in toni audio mark e space. Il ricevitore comprende un demodulatore che lavora in modo contrario al modulatore. Infatti converte le frequenze space e mark nei corrispondenti livelli c.c. dei dati. Nel ricevitore si usano anche particolari circuiti per amplificare, filtrare, modellare le forme d'onda e controllare i livelli del segnale.

La figura 13-1 fa vedere uno schema a blocchi di un MODEM tipico illustrandone la funzione fondamentale.



*Figura 13-1. Diagramma a blocchi di un MODEM fondamentale*

Nella figura 13-1, i livelli dei segnali dei dati vengono trasformati in una forma che fa funzionare il circuito del modulatore. Il segnale d'uscita dal modulatore è un'onda FSK, ma contiene molte armoniche. (Normalmente il multivibratore usato in un oscillatore del trasmettitore produce le frequenze mark e space, ma le forme d'onda sono distorte). Il filtro del trasmettitore elimina queste armoniche e le forme d'onda in uscita sono circa sinusoidali. La circuiteria di controllo del livello è normalmente variabile a passi per assicurare che nei terminali trasmettenti della linea telefonica sia applicato il livello corretto. I controlli tipici del livello d'uscita sono variabili in passi di 1, 2 o 4 dbm nell'intervallo da 0 dbm a -16dbm.

Il segnale all'ingresso del ricevitore, proveniente dalla linea telefonica, è piccolo in ampiezza, normalmente da -12 a -20 dbm. Il preamplificatore ed i circuiti amplificatori elevano il livello del segnale ed il filtro passabasso impedisce il passaggio alle frequenze di rumore esterne alla banda delle frequenze mark e space. Stringendo la larghezza di banda si migliora in effetti l'snr. Il demodulatore rivela le frequenze mark e space, producendo come segnali d'uscita i corrispondenti livelli c.c.. Generalmente viene impiegato un circuito modellatore per ridare simmetria e ortogonalità (stretto bordo d'attacco e d'uscita) ai segnali dei dati. Poi i circuiti amplificatori portano i livelli dei segnali c.c. a valori sufficienti per il funzionamento delle macchine commerciali.

In pratica, nel MODEM possono essere incorporati molti circuiti e segnali aggiuntivi. Questi segnali supervisor e di controllo si dividono in due categorie: (1) quelli

che provocano il funzionamento del MODEM, e (2) quelli che informano gli apparati commerciali sulle condizioni del MODEM o del circuito di comunicazioni.

La figura 13-2 mostra i più comuni segnali d'ingresso, d'uscita e di controllo di un MODEM. In MODEMS diversi possono essere necessari altri segnali, a secondo del progetto, dell'applicazione e delle caratteristiche del MODEM. La raccomandazione V-24 del CCITT riporta i parametri e i compiti di 29 circuiti d'interfaccia. La maggior parte dei MODEMS comprende alcuni di questi circuiti. I circuiti particolari compresi in un MODEM vengono offerti come opzionali dal costruttore.

Il modulatore della figura 13-2 non funziona finchè dalla macchina commerciale non arriva un livello di segnale detto di "richiesta di trasmissione" (RQS). Questa tensione abilita l'oscillatore del trasmettitore, fornendo al circuito telefonico un'onda portante (normalmente il segnale a frequenza space). Un rivelatore riconosce che l'oscillatore del trasmettitore sta funzionando e dà all'apparato commerciale un segnale c.c. detto di "via libera alla trasmissione" (CS). Il segnale CS informa l'apparato commerciale che il MODEM è pronto. Poi la macchina commerciale manda il segnale "trasmetti i dati" (Td) al MODEM e il MODEM li converte in segnali FSK. Il segnale CS può essere diretto o ritardato. Esso è normalmente ritardato da 100 a 200 msec. per consentire alla linea telefonica e agli apparati di stabilizzarsi e, al terminale ricevente, di prepararsi e ricevere i dati.

Quando i segnali FSK giungono dal circuito telefonico, vengono applicati al demodulatore. Se nel MODEM di trasmissione CS è ritardato, la portante (2200 Hz) è trasmessa per un certo tempo prima del trasferimento dei dati. Durante questo tempo, la presenza della portante nel demodulatore è riconosciuta da un rivelatore di livello

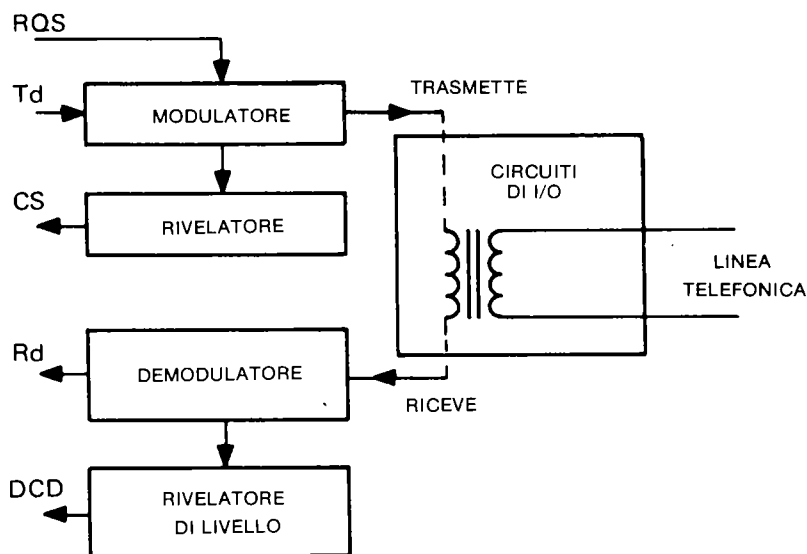


Figura 13-2. Diagramma funzionale del segnale di controllo

che fornisce all'apparato commerciale un segnale detto "rivela la portante dei dati" (DCD). La presenza del DCD nella macchina commerciale indica che sta per iniziare il trasferimento dei dati, e quindi il terminale mette in atto tutti gli adempimenti necessari per prepararsi a ricevere i segnali dei dati.

## MODI DI FUNZIONAMENTO

I MODEMS possono essere progettati per trasmissioni sincrone, asincrone, in serie o in parallelo. Le sincrone e asincrone si riferiscono ai formati dei dati e alla sincronizzazione. "In serie" e "in parallelo" si riferiscono al metodo di trasmissione attraverso il circuito di comunicazione.

Rates di trasferimento dei dati più alte (non velocità di trasmissione) possono ottenersi usando trasmissioni sincrone.

I bit di start e stop *non* vengono trasmessi con ogni carattere. Gruppi o blocchi di caratteri vengono trasmessi uno dopo l'altro ed i singoli caratteri sono identificati in base al tempo che essi impiegano e alla loro relazione con il segnale di sincronizzazione. Il segnale di sincronizzazione è trasmesso insieme ai caratteri dei dati sincroni. Poiché non si impiega del tempo per trasmettere i bits di start e stop, si possono avere trasferimenti dei dati più veloci.

La trasmissione di dati asincroni è più lenta ma non richiede la trasmissione di un segnale di sincronizzazione separato. La presenza di un bit di start indica al terminale ricevente che segue un carattere, e la presenza di un bit di stop indica che il carattere è completo. Un controllo d'errore migliore può ottenersi inserendo alla fine di ogni carattere bits di controllo di parità.

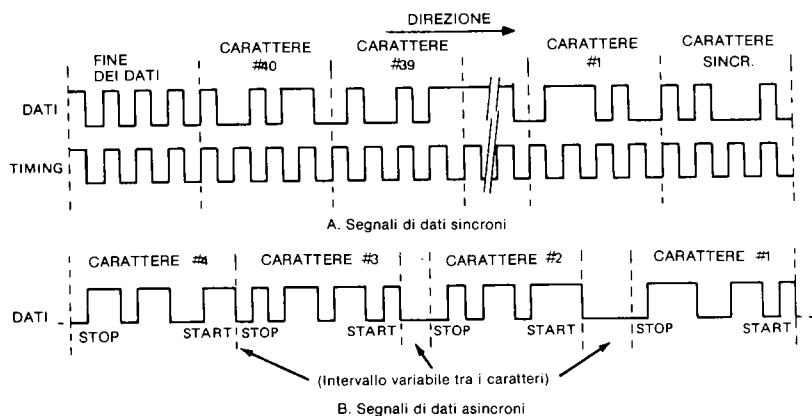


Figura 13-3. format dei segnali dei dati, modi sincroni e asincroni



Tabella 13-1. Frequenze di trasmissione in parallelo

BITS	1	2	3	4	TIMING	5	6	7	8
MARK	730	900	1070	1240	1410	1580	1750	1920	2090
SPACE	800	970	1140	1310	1480	1650	1820	1990	2160

Il bit di parità viene aggiunto prima che il carattere sia trasmesso. Quando il terminale ricevente controlla il bit di parità, rivela subito se c'è un errore e può prepararsi per la ritrasmissione di quel carattere. Le verifiche dell'errore nella trasmissione sincrona si hanno alla fine di un blocco di caratteri e il controllo dell'errore e la ritrasmissione devono aspettare finché il blocco non è completo. La figura 13-3 mostra la differenza di format dei caratteri trasmessi in modo sincrono e asincrono.

La trasmissione in serie è quella di cui si è sempre parlato in questo testo. I caratteri di un messaggio si susseguono l'un l'altro. I bits e i caratteri non sono trasmessi simultaneamente ma sono applicati al circuito secondo una sequenza predeterminata.

Nella trasmissione in parallelo sono trasmessi, nel medesimo tempo, due o più bits. Sono possibili due metodi di trasmissione in parallelo. Un primo metodo fornisce più di un canale ed applica i caratteri dei dati (o i bits) a fili o linee separati. Un secondo metodo usa una combinazione di molte frequenze in un unico canale per rappresentare i bits differenti di caratteri trasmessi simultaneamente. Il primo metodo non è economico. Il secondo è relativamente lento poiché gli apparati per dati in parallelo attualmente impiegati non forniscono risposte ad alte velocità delle combinazioni delle frequenze nel circuito. Per alcune applicazioni l'NCR usa il secondo metodo. Le frequenze tipiche sono mostrate nella tabella 13-1.

Questo metodo di trasmissione in parallelo offre il vantaggio di ridurre i costi d'interfaccia. Ciò deriva dal fatto che non è necessaria la conversione parallelo-serie e alla macchina commerciale viene fornita un'uscita di sincronizzazione.

## CANALE INVERSO

Una possibilità di controllo dell'errore spesso inserita nei MODEMS si chiama "canale inverso". Essa provvede alla trasmissione simultanea su una linea half-duplex a 2 fili, dei dati e dei segnali supervisor (di controllo dell'errore), trasferiti ognuno in direzione opposta e non interferenti tra loro. I dati vengono trasmessi nella direzione diretta a una velocità normale di 600 o 1200 baud. Se nel terminale ricevente viene rivelato un errore, viene usato il canale inverso per informare il terminale trasmettente dell'errore e viene preparata la ritrasmissione del carattere o del gruppo di caratteri difettosi.

La figura 13-4 mostra che i caratteri dei dati si propagano nel canale diretto ad una velocità normale e che l'informazione sul canale inverso non richiede una trasmissi-

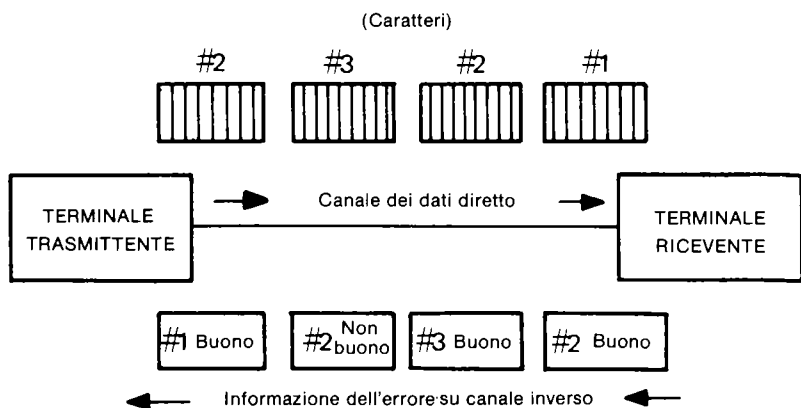


Figura 13-4. Rappresentazione del canale inverso

sione ad alta velocità. Richiede soltanto un "bit" per indicare se il carattere dei dati ricevuto è accettabile. Nella figura 13-4 il carattere 1 è il primo ad essere ricevuto. Durante il tempo in cui si riceve il carattere 2, il canale opposto indica che il carattere 1 è accettabile dal terminale ricevente. Quando viene ricevuto il carattere 2, viene rivelato un errore. Mentre si riceve il carattere 3, il canale inverso cambia stato indicando che il carattere 2 non è corretto. Il carattere 3 è ricevuto normalmente, e il canale inverso indica, durante il tempo di trasmissione del carattere successivo, che non si ha errore. Nello stesso tempo i terminale trasmittente riconosce l'indicazione d'errore relativa al carattere 2 e fa sì che la macchina commerciale trasmittente programmi la ritrasmissione di una parte particolare del messaggio. La parte di messaggio ritrasmessa comprende il carattere in cui si è avuto l'errore. Seguono i caratteri dei dati successivi. Questo esempio è uno dei diversi schemi di ritrasmissione impieganti il canale inverso.

Il canale opposto usa una parte in bassa frequenza della banda del canale vocale per la trasmissione di un segnale separato FSK. I segnali mark e space sono centrati intorno a 1700 Hz e occupano un segmento del canale di circa 1 kHz. I segnali FSK del canale opposto occupano una banda di 60 Hz centrata su 420 Hz come mostrato nella figura 13-5.

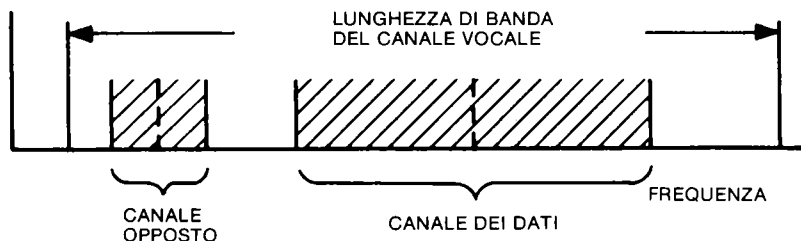


Figura 13-5. Posizione del canale inverso e del canale dei dati

Riguardo agli errori sono possibili due condizioni. O si ha un errore o non si ha. Se si ha un errore il canale inverso cambia stato passando dalla condizione normale a quella di errore e, di nuovo a quella normale a una velocità di 75 baud. Il cambiamento di frequenza viene rivelato dall'apparato trasmittente e viene programmata la ritrasmissione.

Nei MODEMS i canali dei dati e quelli opposti sono uniti nella trasmissione e separati dopo la trasmissione da filtri passabanda. Entrambi i canali sono presenti in linea contemporaneamente. La direzione del flusso d'informazione è controllata dalla posizione e risposta in frequenza dei filtri come mostrato nella figura 13-6.

È evidente che in un sistema punto-punto entrambi i MODEMS devono contenere la circuiteria del canale inverso per effettuare in questo modo il controllo dell'errore. Se nel circuito ci sono soppressori d'eco si deve fare un'altra considerazione, quando si usa un canale inverso. Nei cavi sottomarini le linee d'abbonato a 2 fili sono normalmente convertite in tronchi di linea a 4 fili. La presenza di soppressori d'eco nel tronco a 4 fili non consente il fluire di dati supervisor finché il soppressore d'eco è disattivato. Ciò si ottiene normalmente trasmettendo anteriormente alla trasmissione dei dati un tono puro a 2100 Hz di -13 dbm di livello per almeno 300 msec. I soppressori d'eco restano disattivati fintanto che il trasferimento dei dati è continuo. Interrompendo il trasferimento dei dati per un periodo superiore a 100 msec, si provoca la riattivazione del soppressore d'eco e l'uso susseguente del canale inverso diviene impossibile finché non viene ritrasmesso il tono di condizionamento a 2100 Hz.

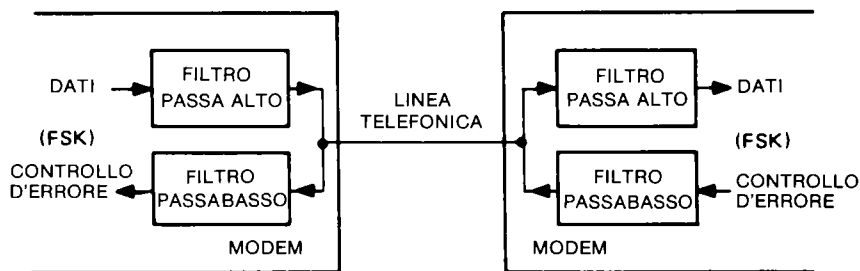


Figura 13-6. Combinazione dei canali inverso e diretto

## TESTING E RICERCA GUASTI NEI MODEMS

La maggior parte dei MODEMS presentano un certo numero di caratteristiche di collaudo, di ricerca guasti e condizionamento che ne migliorano la versatilità e riducono il tempo di manutenzione. Le più comuni caratteristiche si dividono in tre categorie alternative di allacciamento (strapping), punti di prove, e modi di prova.

"Strapping" è un termine che si riferisce ai cavallotti rimovibili. Questi possono es-

sere collegati a terminali diversi per cambiare le caratteristiche del MODEM. Le più comuni alternative di strapping sono riportate qui di seguito.

1. Alimentatore - funzionamento a 120 o 240 V.
2. Modo di trasmissione - a 2 o 4 fili, half o full duplex.
3. Velocità di trasmissione - selezionabile
4. Via libera alla trasmissione - diretta o ritardata
5. Rivelazione della portante dei dati - diretta o ritardata
6. Canale inverso - può essere ponticellato
7. Sincrono/asincrono - a scelta.

I punti di prova sono normalmente dislocati in posizioni diverse del MODEM per controllare il funzionamento dei circuiti del MODEM e la qualità delle forme d'onda d'ingresso e d'uscita.

Spesso sono fornite prese di prova esterne per osservare le forme d'onda dei dati trasmessi e ricevuti e le forme d'onda FSK. Per lo più, i segnali dei dati vengono osservati e valutati usando un oscilloscopio, e i segnali FSK sono misurati con uno strumento in dbm (segnali di trasmissione e ricezione, snr, ecc.). Le regolazioni dei livelli di trasmissione e ricezione possono essere interni o esterni e si possono fare con pulsanti, switches a selettore rotante o variando il cablaggio (strapping).

I MODEMS possono presentare incorporati modi di prova opzionali per facilitare l'isolamento dei guasti nel sistema. Due modi comuni di prova sono la "prova in loco" e la "prova da lontano". Premendo un pulsante oppure spostando i cavallotti del cablaggio si può porre il MODEM in un modo di prova.

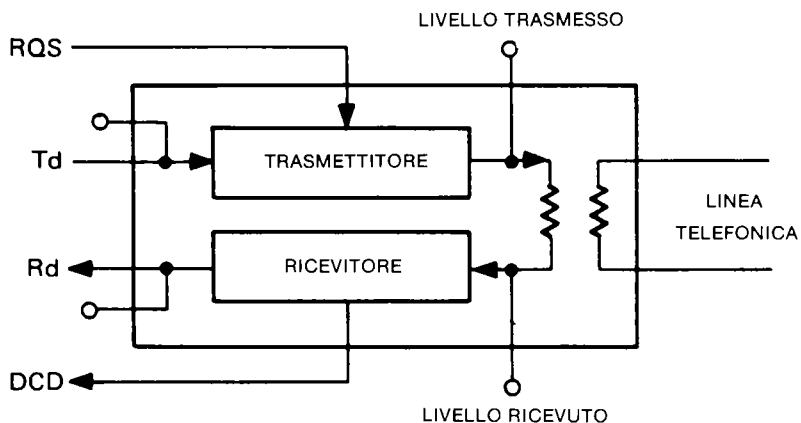


Figura 13-7. Modo di prova in loco

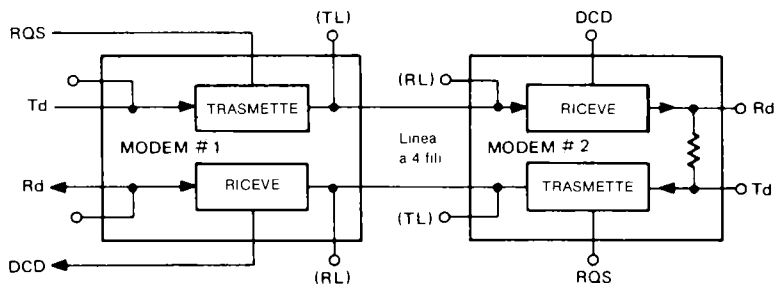


Figura 13-8. Modo di prova da lontano

Il metodo varia da costruttore a costruttore. Il modo di prova in loco è usato per controllare il funzionamento del MODEM locale. Durante questa prova la macchina commerciale rimane collegata al MODEM. I livelli dei segnali di controllo della macchina commerciale fanno funzionare il MODEM e i segnali dei dati normali vengono usati per le prove.

La figura 13-7 mostra il flusso del segnale nel modo di prova in loco. I segnali RQS e Td della macchina commerciale azionano il trasmettitore del MODEM. I livelli dei dati sono convertiti nei segnali FSK. Invece di essere applicati alla linea telefonica, sono attenuati per avere un valore normale e applicati al ricevitore dello stesso MODEM. I segnali FSK sono convertiti, nel ricevitore, nei segnali dei dati e i segnali dei dati inviati e ricevuti (Td e Rd) dovrebbero avere forme d'onda identiche (eccetto che per differenze di ritardo assolute). Evidenti differenze tra le forme d'onda dei dati o l'assenza di dati in ricezione (Rd) indica che nel MODEM c'è un guasto.

La caratteristica del "remote test" è simile, ma comprende la linea telefonica e il MODEM distante del circuito. Nella figura 13-8 è mostrato il modo di prova a distanza del flusso del segnale.

Dopo che il test locale ha dimostrato che il MODEM 1 è funzionante, esso viene nuovamente collegato al circuito telefonico.

IL MODEM 2 è in una posizione lontana. I dati sono convertiti in segnali FSK dal MODEM 1, trasmessi attraverso il circuito e ricevuti dal MODEM 2. Il ricevitore converte i segnali FSK in dati che sono applicati direttamente al trasmettitore del MODEM 2 e ritrasmessi nella direzione opposta su una linea separata. Se il loop è completo il ricevitore del MODEM 1 produce i segnali DCD ed RD. Come prima, il confronto tra le forme d'onda Td ed Rd indica se c'è un guasto nel circuito.

Se il test locale prova che il MODEM 1 funziona correttamente, ma ci sono errori nel test remoto, allora o il circuito telefonico o il MODEM 2 presentano un guasto. L'uso della macchina commerciale e dei modi di test locali nel MODEM 2 (nella località lontana) possono indicare che il MODEM 2 non è funzionante e che necessita di una manutenzione correttiva.

Se entrambi i MODEM 1 e 2 funzionano soddisfacentemente nei test locali, ma non nei test remoti, uno dei circuiti telefonici è *probabilmente* guasto.

I Test locale e remoto sono utili allorchè si fa la diagnosi dei guasti. Di solito eseguendo i test locali e remoto si individua quale parte del circuito è guasta. Il problema però è più difficile quando due o più parti del circuito presentano un funzionamento ai limiti delle specifiche. Per esempio, se i due MODEMS sono regolati in modo non esatto, possono funzionare ognuno in modo locale ma collegati insieme possono portare a una degradazione della qualità del sistema da provocare errori. Una linea telefonica, con attenuazione ai limiti, associata ad attenuatori dei livelli dei segnali trasmessi o ricevuti regolati non idoneamente, può produrre lo stesso effetto.

Un'appropriata regolazione dell'attenuatore di livello non "ripara" il circuito telefonico, ma può rendere la situazione accettabile.

Un uso appropriato dei test locale e remoto e dei punti di prova può ridurre considerevolmente il tempo richiesto per la diagnosi del guasto. Normalmente vengono forniti punti di prova esterni per la misura dei livelli FSK di trasmissione e ricezione. È buona norma misurare i livelli trasmessi e ricevuti come cosa normale e attuare la regolazione richiesta degli attenuatori dei livelli di segnale trasmesso e ricevuto.

È degno di nota il fatto che i MODEMS concessi a noleggio da parte della società telefonica *non* sono sotto la responsabilità del tecnico. Egli non può regolare o effettuare misure sugli apparati della società telefonica, senza il permesso della società. Se il tecnico ottiene il permesso di misurare i livelli trasmessi e ricevuti nel MODEM, deve usare ogni cautela per impedire il danneggiamento dell'equipaggiamento. Se riesce ad individuare il guasto, il tecnico deve coordinare la riparazione o la sostituzione con la società telefonica.

La maggior parte dei MODEMS sono transistorizzati e contengono piastre di circuito modulari a plug-in. Il metodo più veloce di riparare un MODEM difettoso è di so-

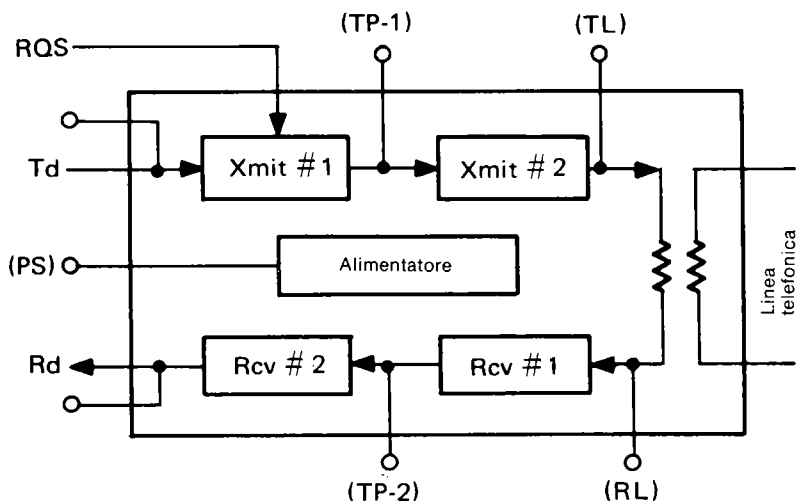


Figura 13-9. Diagramma a blocchi di un MODEM campione e punti di prova

Tabella 13-2. Indicazioni dei punti di prova

C O N D I Z I O N E	PUNTI DI PROVA						Sostituzione o Test
	(TP-1)	(TL)	(RL)	(TP-2)	Rd	(PS)	
	A					A	
	A					N	
	N	A				N	
	N	N	A			N	
	N	N	N	A		N	
	N	N	N	N	A	N	Rcv # 2

stituire la piastra di circuito difettosa. Il seguente esempio mostra un modo efficiente di fare la diagnosi del guasto e per l'isolamento del circuito che può essere usato con i nostri MODEMS. Supponete che il MODEM sia collegato ad una macchina commerciale operativa e che si stia facendo un test locale. Come mostrato in figura 13-9 supponete che nel trasmettitore si abbiano due piastre di circuito, due nel ricevitore e una nell'alimentatore. I punti di prova comprendono le prese RQS, Td, l'uscita dell'oscillatore trasmettente (TP-1), il livello di trasmissione (TL), il livello di ricezione (RL), l'uscita dal demodulatore (TP-2), Rd, e le prese di prova dell'alimentatore (PS).

Se RQS o Td è anormale, il problema è normalmente esterno al MODEM. Se essi sono normali, la tavola 13-2 mostra come procedere passo-passo per isolare il circuito guasto e sostituirlo. N e A si usano per indicare condizioni normali e anormali.

La tavola 13-2 mostra un modo di procedere sequenziale, seguendo il segnale da punto di prova in punto di prova finché non si ottiene un'indicazione anormale. Un'altra tecnica detta "spaccatura metà" divide il gruppo dei circuiti circa in due.

La prima misura nel punto di spaccatura (TL o RL) indica quale delle due metà dei circuiti è guasta. Una misura normale indica che tutti i circuiti precedenti sono funzionanti. I circuiti restanti sono divisi ancora a metà. Nell'esempio, questo punto di divisione sarà TP-2. Se all'inizio il MODEM non funziona, la misura normale in TP-2 indica che in RCV c'è un guasto. Una misura anormale indica che RVC 1 è difettoso (tutti i circuiti che precedono sono stati provati con la prima misura).

## SOMMARIO

La cosa più importante di questo capitolo è la determinazione del settore in cui entra in gioco la responsabilità dei tecnici EDP nella manutenzione e ricerca dei guasti. Quando si ha a che fare con i tratti di circuito compresi tra le interfacce, si deve procedere con cautela, curando di contattare la società telefonica per risolvere i problemi dei circuiti.

Quando i MODEMS cadono sotto la responsabilità del tecnico, egli avrà una maggiore libertà nel trattarli. Può usare liberamente test locali e remoti, e punti di prova per isolare il guasto di una parte del sistema. Può sviluppare un modo di procedere logico, sequenziale per esaminare il sistema e ricercare il guasto, sì da trovare il circuito difettoso in un tempo minimo.

## QUESITI

Le risposte ai quesiti che seguono sono riportate nell'Appendice III.

1. In quale punto fisico di un sistema on line termina la responsabilità di ricerca guasti e manutenzione del tecnico EDP?
2. Quali sono le tre parti principali comprese in un MODEM?
3. Quale parte del MODEM converte le frequenze FSK mark e space in livelli di segnale mark e space c.c.?
4. Il modulatore del MODEM è funzionante se la linea del segnale "richiesta d'invio" (RQS) proveniente dalla macchina commerciale è aperta?
5. Che cosa provoca la generazione da parte del MODEM di un livello di segnale "rivelatore di portante dei dati" (DCD)?
6. Qual'è un vantaggio della trasmissione sincrona rispetto a quella asincrona?
7. Perché si aggiungono i bits di parità ai caratteri dei dati?
8. Quando si hanno checks d'errore nella trasmissione sincrona?
9. Che cosa evita che l'informazione del canale inverso interferisca con quella del canale diretto, quando entrambe sono presenti sulla stessa linea a 2 fili?
10. Perché i soppressori d'eco devono essere disattivati durante il funzionamento del canale inverso?
11. Che cosa significa "strapping"?



12. Quale apparato viene verificato quando un MODEM è sotto test locale?
13. Quale apparato può essere provato quando un MODEM è sotto test remoto?
14. Qual'è normalmente il metodo più veloce per ristabilire il funzionamento di un MODEM?
15. Un tecnico EDP può fare misure e regolazioni su un apparato che è concesso a nolo dalla società telefonica?

# ESAME FINALE

## DEL CORSO DI ELEMENTI DI TRASMISSIONE DATI

Le risposte alle domande che seguono sono riportate nell'Appendice III.

1. La tecnica di trasporre i canali in posizioni differenti dello spettro e poi di combinarli attraverso circuiti ibridi, per una trasmissione simultanea, è chiamata:
  - a. Modulazione
  - b. Multiplazione e divisione di frequenza
  - c. Eterodinaggio
  - d. Multiplazione a divisione di tempo.
2. Un circuito progettato per attenuare tutte le frequenze ad eccezione di quelle che cadono tra 16 kHz e 20 kHz è chiamato:
  - a. Filtro passa banda
  - b. Filtro a reiezione di banda
  - c. Filtro passa alto
  - d. Filtro passa basso.
3. Un segnale costante di  $-3$  dbm è letto su un oscilloscopio come:
  - a. 0,55 Volt eff.
  - b. 0,55 Volt picco-picco
  - c. 0,55 Volt c.c.
  - d. 1,55 Volt picco-picco
  - e. 1,55 Volt eff.
4. I picchi di ampiezza elevata che superano un determinato livello e compaiono nel rumore di un canale per comunicazione sono chiamati:
  - a. Rumore bianco
  - b. Colpi
  - c. Rumore impulsivo
  - d. Echi
  - e. Rumore caotico
5. Un metodo di trasferimento dell'informazione in cui ogni bit di un carattere segue i bits precedenti di quel carattere è detto:
  - a. Trasmissione sincrona
  - b. Trasmissione asincrona
  - c. Trasmissione in serie
  - d. Trasmissione in parallelo
6. La banda passante del canale vocale della società telefonica è:
  - a. 3200 Hz
  - b. 200 Hz -- 3200 Hz
  - c. 1000 Hz
  - d. 1200 Hz -- 2200 Hz
  - e. 3000 Hz.
7. Se il livello del segnale ricevuto è di  $-17$  dbm ed il livello di rumore del circuito è 40 dbrn, il rapporto segnale rumore è:
  - a. 23 db
  - b. 57 db
  - c. 33 db
  - d. 67 db
  - e. 73 db
8. Con un segnale d'ingresso negativo di un MODEM, quale dei seguenti segnali d'uscita si ha?
  - a. Un segnale "mark" di 2200 Hz
  - b. Un segnale "space" di 2200 Hz
  - c. Un segnale "space" di 1200 Hz
  - d. Un segnale "mark" di 1200 Hz
9. Un sistema "on line", in cui ogni terminale ha un suo proprio circuito full-

time, per collegarsi al processore centrale si richiede:

- a. Servizio con linea riservata, punto-punto.
  - b. Servizio di commutazione pubblico, multi-punto.
  - c. Servizio con linea riservata, multi-punto.
  - d. Servizio di commutazione pubblico, punto-punto.
10. Il metodo di trasmissione in cui ciascun carattere è "accompagnato" dai bits start e stop è detto:
- a. Metodo di trasmissione sincrona
  - b. Metodo di trasmissione asincrona
  - c. Metodo di trasmissione in serie
  - d. Metodo di trasmissione in parallelo.
11. Un problema di trasmissione che comporti che i segnali di una frequenza siano ridotti in ampiezza di più dei segnali di un'altra frequenza è un problema di:
- a. Attenuazione
  - b. Ritardo d'involuppo
  - c. Distorsione di frequenza dell'attenuazione
  - d. Distorsione di ritardo
  - e. Distorsione d'attenuazione.
12. Il terminale trasmette un segnale di 0,22 Volt eff. a 1 kHz. Il segnale ricevuto, misurato con un oscilloscopio, è di 0,22 Volt picco-picco. Da un estremo all'altro il circuito presenta:
- a. Una perdita di 20 dbm
  - b. Un guadagno di 9 dbm
  - c. Nessuna perdita o guadagno di potenza
  - d. Una perdita di 9 dbm
  - e. Una perdita di 11 dbm.
13. Il segnale d'interfaccia standard, inviato da un apparato commerciale ai suoi MODEMS per abilitare l'oscillatore è chiamato:
- a. Segnale di trasmissione dati
  - b. Clear to send
  - c. Segnale di richiesta di invio
  - d. Segnale di canale inverso
  - e. Segnale rivelatore di portante dei dati.

14. Date le seguenti specifiche di ritardo d'involuppo, quale canale darà il servizio di qualità migliore se per il trasferimento dati sono usati i segnali FSK di 1200 Hz e 2200 Hz?

	Intervallo di frequenza (Hz)	Ritardo d'involuppo
a. Canale A	1000 - 2400	meno di 2000 $\mu$ sec.
b. Canale B	1000 - 2400	meno di 1500 $\mu$ sec.
c. Canale C	1000 - 2400	meno di 1000 $\mu$ sec.
d. Canale D	1000 - 2400	meno di 2500 $\mu$ sec.
e. Canale E	1000 - 2400	meno di 3000 $\mu$ sec.

15. Il termine "bilanciato" si riferisce a un circuito telefonico che:
- a. È collegato a terra in entrambe le estremità.
  - b. Non è collegato a terra del tutto.
  - c. Ha entrambe le linee d'abbonato collegate a terra.
  - d. Ha una delle linee d'abbonato a terra.
  - e. È messo a terra nel suo centro elettrico.
16. Il vantaggio del "test locale" nel progetto del MODEM è che permette di provare:
- a. Il trasmettitore e il ricevitore
  - b. Soltanto il trasmettitore
  - c. Il trasmettitore, il ricevitore e le linee di comunicazione
  - d. Soltanto il ricevitore
  - e. Le linee di comunicazione.
17. Il procedimento di variazione dei segnali dei dati c.c. per renderli adatti per la trasmissione su linee telefoniche è chiamato:
- a. Amplificazione
  - b. Deviazione
  - c. Multiplazione
  - d. Attenuazione
  - e. Modulazione.
18. L'equalizzatore di ritardo è un dispositivo correttivo usato nei circuiti di comunicazione per compensare:
- a. La diafonia
  - b. Il ritardo assoluto
  - c. La distorsione di attenuazione
  - d. La distorsione di ritardo
  - e. Gli echi.

19. Le caratteristiche normali di una linea di trasmissione a fili, provocano l'attenuazione delle:
- Frequenze basse più che delle alte
  - Frequenze alte più che delle basse
  - Frequenze alte solamente
  - Frequenze basse solamente.
20. Un circuito dell'apparato commerciale che inverte e cambia i livelli di tensione dei segnali dei dati è chiamato:
- Convertitore di livello
  - Modulatore bilanciato
  - Modem
  - Mixer non lineare
  - Mixer lineare.
21. Date le seguenti specifiche di risposta in frequenza, quale canale darà il servizio di qualità migliore se per il trasferimento dati sono usati i segnali FSK di 1200 Hz e 2200 Hz?

	Intervallo di frequenza (Hz)	Variazione di perdita (db)
a. Canale A	1200 - 2200	da -2 a +8
b. Canale B	1000 - 2400	da -2 a +8
c. Canale C	800 - 2600	da -2 a +8
d. Canale D	600 - 2800	da -2 a +8
e. Canale E	400 - 3000	da -2 a +8

22. In un circuito di comunicazione quale elemento correttivo deve essere disattivato da un MODEM che impiega il canale inverso?
- Il Compander
  - L'equalizzatore di ritardo
  - Il ripetitore
  - Il soppressore d'eco
  - L'amplificatore
23. Un tipo di comunicazione in cui il flusso dei dati può aversi contemporaneamente in entrambe le direzioni è chiamato:
- Simplex
  - Full-duplex
  - Half-duplex
  - Duplex
24. La tecnica di convertire i segnali dei dati c.c. in una di due frequenze prestabilite è chiamata:
- Manipolazione e spostamento di

- frequenza
- Distorsione di frequenza
  - Moltiplicazione a divisione di frequenza
  - Modulazione di frequenza
  - Traslazione di frequenza.

25. Indicate l'affermazione più corretta.
- L'impedenza di una sezione di linea di trasmissione è determinata dalla lunghezza.
  - L'impedenza di un circuito di comunicazione è 600  $\Omega$ .
  - L'impedenza dei circuiti di comunicazione varia con la frequenza.
  - La distorsione di frequenza dell'attenuazione è data da un circuito che non ha impedenza adattata.
  - I trasformatori sono usati per adattare le impedenze, in quanto non hanno perdite di potenza.

## APPENDICE I

### **DATI DI RIFERIMENTO**

## ABBREVIAZIONI E DIAGRAMMI DEL CODICE USASCII

B <sub>8</sub> -B <sub>7</sub>	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
B <sub>8</sub> -B <sub>7</sub>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0000	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
0001	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
0010	2	3	4	5	6	7	8	9	.	<	>	?				
0011	3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	.	<	>	?	
0100	4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
0101	5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^
0110	6	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
0111	7	~	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~

Col./Riga	Simboli	Nome	Caratteri di controllo	Funzione
2/0	SP	Space (Normally Non-Printing)	NUL	Null
2/1	!	Exclamation Point	SOH	Start of Heading
2/2	"	Quotation Marks (Diaeresis)	STX	Start of Text
2/3	#	Number Sign	ETX	End of Text
2/4	\$	Dollar Sign	EOT	End of Transmission
2/5	%	Percent	ENQ	Enquiry
2/6	&	Ampersand	ACK	Acknowledge
2/7	'	Apostrophe (Closing Single Quotation Mark , Acute Accent)	BEL	Bell (audible or attention signal)
2/8	(	Opening Parenthesis	BS	Backspace
2/9	)	Closing Parenthesis	HT	Horizontal Tabulation (punched card skip)
2/A	*	Asterisk	LF	Line Feed
2/B	+	Plus	VT	Vertical Tabulation
2/C	,	Comma (Cedilla)	FF	Form Feed
2/D	-	Hyphen (Minus)	CR	Carriage Return
2/E	.	Period (Decimal Point)	SO	Shift Out
2/F	/	Slant	SI	Shift In
3/A	:	Colon	DLE	Data Link Escape
3/B	;	Semicolon	DC1	Device Control 1
3/C	<	Less Than	DC2	Device Control 2
3/D	=	Equals	DC3	Device Control 3
3/E	>	Greater Than	DC4	Device Control 4 (Stop)
3/F	?	Question Mark	NAK	Negative Acknowledge
4/0	@	Commercial At	SYN	Synchronous Idle
5/B	[	Opening Bracket	ETB	End of Transmission Block
5/C	\	Reverse Slant	CAN	Cancel
5/D	]	Closing Bracket	EM	End of Medium
5/E	^	Circumflex	SUB	Substitute
5/F	_	Underline	ESC	Escape
6/0	`	Grave Accent (Opening Single Quotation Mark)	FS	File Separator
7/B	{	Opening Brace	GS	Group Separator
7/C	:	Vertical Line	RS	Record Separator
7/D	}	Closing Brace	US	Unit Separator
7/E	~	Overline (Tilde, General Accent)	DEL	Delete

Simboli grafici USASCII

Funzioni dei caratteri di controllo

## NOTA SUL DIAMETRO DEI FILI

N. di misure	Dia. In.*	Filo scoperto Mills*	Area In Cir Mills	Corrente massima (A)		Ohms/1000 Ft.	
				Is. gomma	Altri Is.	70°F.	167°F.
4/0	0,460	460	211.800	160-248	193-510	0,050	0,060
3/0	0,410	410	167.800	138-215	166-429	0,062	0,075
2/0	0,365	365	133.100	120-185	145-372	0,080	0,095
0	0,325	325	105.800	105-160	127-325	0,100	0,119
1	0,289	289	83.890	91-136	110-280	0,127	0,150
2	0,258	258	66.560	80-118	96-241	0,159	0,190
3	0,229	229	52.441	69-101	83-211	0,202	0,240
4	0,204	204	41.620	60-87	72-180	0,254	0,302
5	0,182	182	33.120	52-76	63-158	0,319	0,381
6	0,162	162	26.240	45-65	54-134	0,403	0,480
7	0,144	144	20.740	.....	.....	0,510	0,606
8	0,128	128	16.380	35-48	41-100	0,465	0,764
9	0,114	114	13.000	.....	.....	0,813	0,963
10	0,102	102	10.400	25-35	31-75	1,02	1,216
11	0,091	91	8.230	.....	.....	1,29	1,532
12	0,081	81	6.530	20-26	23-57	1,62	1,931
13	0,072	72	5.180	.....	.....	2,04	2,436
14	0,064	64	4.110	15-20	18-43	2,57	3,071
15	0,057	57	3.260	.....	.....	3,24	3,873
16	0,051	51	2.580	6	10	4,10	4,884
17	0,045	45	2.060	.....	.....	5,15	6,158
18	0,040	40	1.620	3	6	6,51	7,765
19	0,036	36	1.290	.....	.....	8,21	9,792
20	0,032	32	1.020	.....	.....	10,3	12,35
21	0,028	28	812	.....	.....	13,0	15,57
22	0,025	25	640	.....	.....	16,5	19,63
23	0,024	24	511	.....	.....	20,7	24,76
24	0,020	20	404	.....	.....	26,2	31,22
25	0,018	18	320	.....	.....	33,0	39,36
26	0,016	16	253	.....	.....	41,8	49,64
27	0,014	14	202	.....	.....	52,4	62,59
28	0,013	13	159	.....	.....	66,6	78,93
29	0,011	11	128	.....	.....	82,8	99,52
31	0,009	9	79	.....	.....	134,0	158,20
32	0,008	8	64	.....	.....	165,0	199,50
33	0,007	7	50	.....	.....	210,0	251,60
34	0,006	6	40	.....	.....	266,0	317,30
35	0,005	5,6	31	.....	.....	337,0	400,00
36	0,005	5	25	.....	.....	423,0	504,50

Dimensioni e resistenze dei fili di rame commerciali: American Standard Apparecchi di misure dei fili.

\* In. (Inch): Pollice = cm. 2,54  
Mills: 1/1000 di pollice

## LOGARITMI COMUNI

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000000	0043214	0086002	0128372	0170333	0211893	0253059	0293838	0334238	0374265
11	0413927	0453230	0492180	0530784	0569049	0606978	0644580	0681859	0718820	0755470
12	0791812	0827854	0863598	0899051	0934217	0969100	1003705	1038037	1072100	1105897
13	1139434	1172713	1205739	1238516	1271048	1303338	1335389	1367206	1398791	1430148
14	1461280	1492191	1522883	1553360	1583625	1613680	1643529	1673173	1702617	1731863
15	1760913	1789769	1818436	1846914	1875207	1903317	1931246	1958997	1986571	2013971
16	2041200	2068259	2095150	2121876	2148438	2174839	2201081	2227165	2253093	2278867
17	2304489	2329961	2355284	2380461	2405492	2430380	2455127	2479733	2504200	2528530
18	2552725	2576786	2600714	2624511	2648178	2671717	2695129	2718416	2741578	2764618
19	2787536	2810334	2833012	2855573	2878017	2900346	2922561	2944662	2966652	2988531
20	3010300	3031961	3053514	3074960	3096302	3117539	3138672	3159703	3180633	3201463
21	3222193	3242825	3263359	3283796	3304138	3324385	3344538	3364597	3384565	3404441
22	3424227	3443923	3463530	3483049	3502480	3521825	3541084	3560259	3579348	3598355
23	3617278	3636120	3654880	3673559	3692159	3710679	3729120	3747483	3765770	3783979
24	3802112	3820170	3838154	3856063	3873898	3891661	3909351	3926970	3944517	3961993
25	3979400	3996737	4014005	4031205	4048337	4065402	4082400	4099331	4116197	4132998
26	4149733	4166405	4183013	4199557	4216039	4232459	4248816	4265113	4281348	4297523
27	4313638	4329693	4345689	4361626	4377506	4393327	4409091	4424798	4440448	4456042
28	4471580	4487063	4502491	4517864	4533183	4548449	4563660	4578819	4593925	4608978
29	4623980	4638930	4653829	4668676	4683473	4698220	4712917	4727564	4742163	4756712
30	4771213	4785665	4800069	4814426	4828736	4842998	4857214	4871384	4885507	4899585
31	4913617	4927604	4941546	4955443	4969296	4983106	4996871	5010593	5024271	5037907
32	5051500	5065050	5078559	5092025	5105450	5118534	5132176	5145478	5158738	5171959
33	5185139	5198280	5211381	5224442	5237465	5250448	5263393	5276299	5289167	5301997
34	5314789	5327544	5340261	5352941	5365584	5378191	5390761	5403295	5415792	5428254
35	5440680	5453071	5465427	5477747	5490033	5502284	5514500	5526682	5538830	5550944
36	5563025	5575072	5587086	5599066	5611014	5622929	5634811	5646661	5658488	5670264
37	5682017	5693739	5705429	5717088	5728716	5740313	5751878	5763414	5774918	5786392
38	5797836	5809250	5820634	5831988	5843312	5854607	5865873	5877110	5888317	5899496
39	5910646	5921768	5932861	5943926	5954962	5965971	5976952	5987905	5998831	6009729
40	6020600	6031444	6042261	6053050	6063814	6074550	6085260	6095944	6106602	6117233
41	6127839	6138418	6148972	6159501	6170003	6180481	6190933	6201361	6211763	6222140
42	6232493	6242821	6253125	6263404	6273659	6283889	6294096	6304279	6314438	6324573
43	6334685	6344773	6354837	6364879	6374897	6384893	6394865	6404814	6414741	6424645
44	6434527	6444386	6454223	6464037	6473830	6483600	6493349	6503075	6512780	6522463
45	6542125	6551765	6561384	6560982	6570559	6580114	6589648	6599162	6608655	6618127
46	6627578	6637099	6646420	6655810	6665180	6674530	6683859	6693169	6702459	6711728
47	6720979	6730209	6739420	6748611	6757783	6766936	6776070	6785184	6794279	6803355
48	6812412	6821451	6830470	6839471	6848454	6857417	6866363	6875290	6884198	6893089
49	6901961	6910815	6919651	6928469	6937269	6946052	6954817	6963564	6972293	6981005
50	6989700	6998377	7007037	7015680	7024305	7032914	7041505	7050080	7058637	7067178
51	7075702	7084209	7092700	7101174	7109631	7118072	7126497	7134905	7143298	7151674
52	7160033	7168377	7176705	7185017	7193313	7201593	7209857	7218106	7226339	7234557
53	7242759	7250945	7259116	7267272	7275413	7283538	7291648	7299743	7307823	7315888
54	7323938	7331973	7339993	7347998	7355989	7363965	7371926	7379873	7387806	7395723



## LOGARITMI COMUNI (CONTINUA)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	7403627	7411516	7419391	7427251	7435098	7442930	7450748	7458552	7466342	7474118
56	7481980	7489629	7497363	7505084	7512791	7520484	7528164	7535831	7543483	7551123
57	7338749	7566361	7573960	7581546	7589119	7596678	7604225	7611758	7619278	7626786
58	7634280	7641761	7649230	7656686	7664128	7671559	7678976	7686381	7693773	7701153
59	7708520	7715875	7723217	7730547	7737864	7745170	7752463	7759743	7767012	7774268
60	7781513	7788745	7795965	7803173	7810369	7817554	7824726	7831887	7839036	7846173
61	7853298	7860412	7867514	7874605	7881684	7888751	7895807	7902852	7909885	7916906
62	7923917	7930916	7937904	7944880	7951846	7958800	7965743	7972675	7979596	7986506
63	7993405	8000294	8007171	8014037	8020893	8027737	8034571	8041394	8048207	8055009
64	8061800	8068580	8075350	8082110	8088859	8095597	8102325	8109043	8115750	8122447
65	8129134	8135810	8142476	8149132	8155777	8162413	8169038	8175654	8182259	8188854
66	8195439	8202015	8208580	8215135	8221681	8228216	8234742	8241258	8247765	8254261
67	8260748	8267225	8273693	8280151	8286599	8293038	8299467	8305887	8312297	8318698
68	8325089	8331471	8337844	8344207	8350561	8356906	8363241	8369567	8375884	8382192
69	8388491	8394780	8401061	8407332	8413505	8419848	8426092	8432328	8438554	8444772
70	8450980	8547180	8463371	8469553	8475727	8481891	8488047	8494194	8500333	8506462
71	8512583	8518696	8524800	8530895	8536982	8543060	8549130	8555192	8561244	8567289
72	8573325	8579353	8585372	8591383	8597386	8603380	8609366	8615344	8621314	8627275
73	8633229	8639174	8645111	8651040	8656961	8662873	8668778	8674675	8680564	8686444
74	8692317	8698182	8704039	8709888	8715729	8721563	8727388	8733206	8739016	8744818
75	8750613	8756399	8762178	8767950	8773713	8779470	8785218	8790959	8796692	8802418
76	8808136	8813847	8819550	8825245	8830934	8836614	8842288	8847954	8853612	8859263
77	8864907	8870544	8876173	8881795	8887410	8893017	8898617	8904210	8909796	8915375
78	8920946	8926510	8932068	8937618	8943161	8948697	8954225	8959747	8965262	8970770
79	8976271	8981765	8987252	8992732	8998205	9003671	9009131	9014583	9020029	9025468
80	9030900	9036325	9041774	9047155	9052560	9057959	9063350	9068735	9074114	9079485
81	9084850	9090209	9095560	9100905	9106244	9111576	9116902	9122221	9127533	9132839
82	9138139	9143432	9148718	9153998	9159272	9164539	9169800	9175055	9180303	9185545
83	9190781	9196010	9201233	9206450	9211661	9216865	9222063	9227255	9232440	9237620
84	9242793	9247960	9253121	9258276	9263424	9268567	9273704	9278834	9283959	9289077
85	9294189	9299296	9304396	9309490	9314579	9319661	9324738	9329808	9334873	9339932
86	9344985	9350032	9355073	9360108	9365137	9370161	9375179	9380191	9385197	9390198
87	9395193	9400182	9405165	9410142	9415114	9420081	9425041	9429996	9434945	9439889
88	9444827	9449759	9454686	9459607	9464523	9469433	9474337	9479236	9484130	9489018
89	9493900	9498777	9503649	9508515	9513375	9518230	9523080	9527924	9532763	9537597
90	9542425	9547248	9552065	9556878	9561684	9566486	9571282	9576073	9580858	9585639
91	9590414	9595184	9599948	9604708	9609462	9614211	9618955	9623693	9628427	9633155
92	9637878	9642596	9647309	9652017	9656720	9661417	9666110	9670797	9675480	9680157
93	9684829	9689497	9694159	9698816	9703469	9708116	9712758	9717396	9722028	9726656
94	9731279	9735896	9740509	9745117	9749720	9754318	9758911	9763500	9768083	9772662
95	9777236	9781805	9786369	9790929	9795484	9800034	9804579	9809119	9813655	9818186
96	9822712	9827234	9831751	9836263	9840770	9845273	9849771	9854265	9858754	9863238
97	9867717	9872192	9876663	9881128	9885590	9890046	9894498	9898946	9903389	9907827
98	9912261	9916690	9921115	9925535	9929951	9934362	9938769	9943172	9947569	9951963
99	9956352	9960737	9965117	9969492	9973864	9978231	9982593	9986952	9991305	9995655

# TABELLA DI CONVERSIONE RAPIDA DBM

	DBM	RMSV	PPV
+	10	2,45	6,90
	9	2,18	6,18
	8	1,95	5,51
	7	1,74	4,91
	6	1,55	4,38
	5	1,38	3,90
	4	1,23	3,48
	3	1,10	3,10
	2	0,96	2,76
	1	0,87	2,46
	0	0,775	2,19
-	1	0,89	1,96
	2	0,82	1,74
	3	0,55	1,55
	4	0,49	1,38
	5	0,44	1,23
	6	0,39	1,10
	7	0,35	0,96
	8	0,31	0,87
	9	0,27	0,78
	10	0,25	0,69
	11	0,22	0,62
	12	0,19	0,55
	13	0,17	0,49
	14	0,15	0,44
	15	0,14	0,39
	16	0,12	0,35
	17	0,11	0,31
	18	0,10	0,28
	19	0,09	0,25
	20	0,08	0,22
	21	0,07	0,20
	22	0,06	0,17
	23	0,05	0,16
	24	0,05	0,14
	25	0,04	0,12
	26	0,04	0,11
	27	0,03	0,10
	28	0,03	0,09
	29	0,03	0,08
	30	0,02	0,07
	35	0,01	0,04
	40	0,008	0,02
	45	0,004	0,01
	50	0,002	0,007

Tabella di equivalenza (dbm) ad 1 KHz su una linea di 600 ohm

## CONNESSIONE DI INTERFACCIA STANDARD

	Nome circuito	Direzione Mach. ↔ Modem	Funzione*	EIA
CCITT ckt = 1	Protective ground			AA
2	Signal ground (common)			AB
3	Transmitted data	→	DO	BA
4	Received data	←	DI	BB
5	Request to Send	→	DO	CA
6	Ready to Send (CS)	←	DO	CB
7	Data set ready	←	DO	CC
8	Connect Data set to line	→	DO	CD
9	Data Carrier detect	←	DI	CF
10	Data signal quality	←	DI	CG
11	Data rate selector	→	SP	CH
12	Data rate selector	←	SP	CI
13	Transmitter timing	→	DO	DA
14	Transmitter timing	←	DO	DB
15	Receiver timing	←	DI	DD
16	Trans. block timing	→	DO	
17	Receiver block timing	←	DI	
18	Transmitted data (reverse)	→	SDO	
19	Received data (reverse)	←	SDI	
20	Transmit carrier	→	SDO	
21	Supervisor channel ready	←	SDO	
22	Carrier detect	←	SDI	
23	Quality detector	←	SDI	
24	Data receiver cut-off	→	DI	
25	Calling indicator	←	(signal)	CE
26	Select trans. frequency	→	DO	
27	Select receiver frequency	←	DI	
28	Receiver timing	→	DI	DC
29	Receiver cut-off	→	SDI	

\* D = Data  
 I = Input  
 O = Output  
 SP = Signalling Speed  
 S = Supervisory

### NOTE

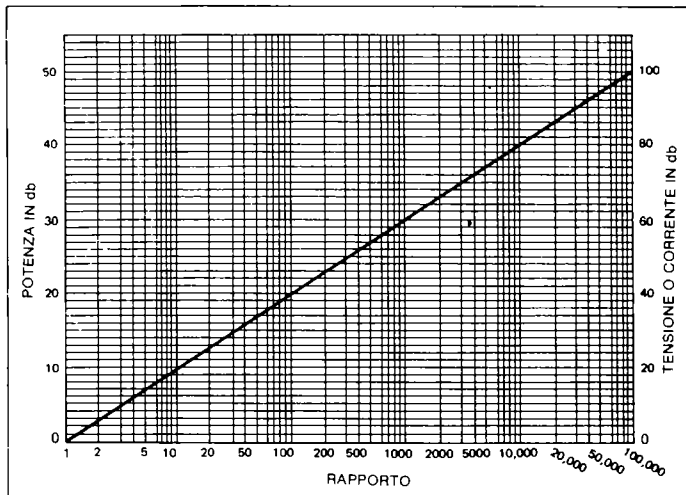
La maggior parte dei modem comprendono solo le funzioni ed i segnali richiesti.

**ALFABETO INTERNAZIONALE N. 2**  
**CODICE PER TELESKRIVENTI**  
**(BAUDOT)**

		CARATTERI						
LETT. MAIUSC.	LETT. MIN.	START	BIT 1	BIT 2	BIT 3	BIT 4	BIT 5	STOP
A	.	0	1	1	0	0	0	1
B	?	0	1	0	0	1	1	1
C	.	0	0	1	1	1	0	1
D	\$	0	1	0	0	1	0	1
E	3	0	1	0	0	0	0	1
F	!	0	1	0	1	1	0	1
G	&	0	0	1	0	1	1	1
H	^	0	0	0	1	0	1	1
I	8	0	0	1	1	0	0	1
J	^	0	1	1	0	1	0	1
K	(	0	1	1	1	1	0	1
L	)	0	0	1	0	0	1	1
M	.	0	0	0	1	1	1	1
N	.	0	0	0	1	1	0	1
O	9	0	0	0	0	1	1	1
P	0	0	0	1	1	0	1	1
Q	1	0	1	1	1	0	1	1
R	4	0	0	1	0	1	0	1
S	BELL	0	1	0	1	0	0	1
T	5	0	0	0	0	0	1	1
U	7	0	1	1	1	0	0	1
V	.	0	0	1	1	1	1	1
W	2	0	1	1	0	0	1	1
X	/	0	1	0	1	1	1	1
Y	6	0	1	0	1	0	1	1
Z	^	0	1	0	0	0	1	1
BLANK		0	0	0	0	0	0	1
SPACE		0	0	0	1	0	0	1
CR		0	0	0	0	1	0	1
LF		0	0	1	0	0	0	1
UC		0	1	1	0	1	1	1
LC		0	1	1	1	1	1	1

0 = SPACE = NESSUNA CORRENTE  
 1 = MARK = CORRENTE

# DIAGRAMMA PER PASSARE DAL RAPPORTO AL DB



## NOTE DI RICHIAMO-FORMULE

### COSTANTI

$$\begin{aligned}\pi &= 3.14 \\ \sqrt{2} &= 1.414 \\ 1 \text{ Metro} &= 39.37 \text{ in.} \\ \frac{1}{2\pi} &= .159\end{aligned}$$

### LEGGE DI OHM-CC

$$\begin{aligned}I &= \frac{E}{R} \\ E &= IR \\ R &= \frac{E}{I} \\ P &= I^2 R = EI = \frac{E^2}{R}\end{aligned}$$

### LEGGE DI OHM-CA

$$\begin{aligned}I &= \frac{E}{Z} \\ E &= IZ \\ Z &= \frac{E}{I}\end{aligned}$$

### RESISTENZE IN SERIE

$$R_{\text{totale}} = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

### RESISTENZE IN PARALLELO

$$R_{\text{totale}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots\right)}$$

### PARALLELO DI DUE RESISTENZE

$$R_{\text{totale}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

### PARALLELO DI RESISTENZE UGUALI

$$R_{\text{totale}} = \frac{R}{N}$$

(N = numero in parallelo)

### CORRENTI E TENSIONI SINUSOIDALI

Valore efficace	= 0,707 del valore di picco
Valore medio	= 0,637 del valore di picco
Valore di picco	= 1,414 del valore efficace
Valore picco picco	= 2,828 del valore efficace
Valore efficace	= RMS

### FORMULE PER LA REATTANZA

$$\begin{aligned}X_C &= \frac{1}{2\pi fC} \\ X_L &= 2\pi fL \\ L &= \frac{X_L}{2\pi f}\end{aligned}$$

### FORMULE PER LA RISONANZA

$$\begin{aligned}f &= \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = \frac{.159}{\sqrt{LC}} \\ L &= \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} \\ C &= \frac{1}{4\pi^2 f^2 L}\end{aligned}$$

### FORMULE DI IMPEDENZA

#### CIRCUITO SERIE

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

#### CIRCUITO PARALLELO

$$Z = \frac{R_p}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

### FORMULE IN DECIBEL

#### IMPEDENZE UGUALI

$$\begin{aligned}db &= 10 \log \frac{P_1}{P_2} \\ &= 20 \log \frac{E_1}{E_2} \\ &= 20 \log \frac{I_1}{I_2}\end{aligned}$$

#### IMPEDENZE DIVERSE

$$\begin{aligned}db &= 10 \log \frac{P_1}{P_2} \\ &= 20 \log \frac{E_1 \sqrt{Z_2}}{E_2 \sqrt{Z_1}} \\ &= 20 \log \frac{I_1 \sqrt{Z_2}}{I_2 \sqrt{Z_1}}\end{aligned}$$

### EFFICIENZA DI UN DISPOSITIVO

$$Eff = \frac{\text{Uscita}}{\text{Ingresso}}$$

### Q (FATTORE DI QUALITÀ O FIGURA DI MERITO)

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{X_C}{R}$$

### RELAZIONI DEL TRASFORMATORE

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p} = \sqrt{\frac{Z_p}{Z_s}}$$

### FREQUENZA E LUNGHEZZA D'ONDA

$$\begin{aligned}f &= \frac{1}{t} & t &= \frac{1}{f} \\ (\text{metri}) &= \frac{300.000.000}{f} & (\text{piedi}) &= \frac{984.000.000}{f}\end{aligned}$$

## APPENDICE II

# GLOSSARIO DI TERMINI PER COMUNICAZIONI EDP

### "A"

**ABACO** Dispositivo per eseguire calcoli spostando palline lungo le aste.

**ABBONATO** Persona che riceve i servizi forniti dalla società e paga per essi.

**ACU** Abbreviazione di "AUTOMATIC CALLING UNIT".

**ADATTAMENTO D'IMPEDENZA** Descrive la situazione in cui le impedenze di carico, di linea e di sorgente del circuito sono circa uguali e ciò comporta un funzionamento più efficiente del circuito.

**ALIMENTATORE DI MODULI** Dispositivo che posiziona correttamente, nelle telescriventi, stampanti o apparecchiature commerciali i documenti o i moduli commerciali.

**AMPIEZZA** La grandezza della variazione di una entità (per es. la tensione) dal suo valore zero.

**AMPLIFICATORE** Circuito attivo destinato ad aumentare il livello di potenza di una data banda di frequenze.

### APPARATO TERMINALE PER

**PORTANTE** Apparato di moltiplicazione e demoltiplicazione, di proprietà della società telefonica e gestito da essa, o portante comune, che combina i canali in trasmissione e li separa dopo la trasmissione.

**ARMONICA** Forma d'onda sinusoidale che è un multiplo intero della frequenza fondamentale. Un'onda di frequenza doppia della fondamentale è chiamata seconda armonica.

**ASINCRONO** Senza periodo costante. Un format di trasmissione-dati digitali in cui i bits start e stop indicano l'inizio e la fine di ogni carattere. L'intervallo di tempo tra i caratteri può variare.

**ASR** Abbreviazione di "automatic send and receive".

**ATTENUATORE FISSO** Rete di resistori collegati in modo da adattarsi alle impedenze diverse del circuito o da inserire una attenuazione fissa nel circuito.

**ATTENUAZIONE** Perdita di potenza in un circuito nel quale sono interessate in egual misura tutte le frequenze considerate. La differenza tra potenza trasmessa e ricevuta.

**AUDIO** Frequenze dell'intervallo dell'udibile umano. Normalmente l'intervallo considerato va da 20 a 20000 Hz.

**AVVIAMENTO A DISTANZA** Indica la capacità di attivare un apparato stando a distanza.

### "B"

**BANDA** Intervallo di frequenze considerate. Vedere Banda passante, Larghezza di banda.

**BANDA BASE** Intervallo di frequenza occupato dall'insieme dei segnali trasmessi usati per modulare una portante.

**BANDA DI RISPETTO** Parte dello spettro non usata compresa tra i canali. Un modo per prevenire l'interferenza per canale adiacente.

**BANDA ESTESA** Termine applicato ai circuiti che hanno una larghezza di banda maggiore di quella richiesta per le comunicazioni vocali di buon livello.

**BANDA DI FREQUENZA VOCALE (V-F)** Intervallo di frequenze da 20 a 8000 Hz compresi. Frequenze di ripetizione delle vibrazioni meccaniche generate dalle corde vocali umane nel parlato.

**BANDA PASSANTE** L'insieme delle frequenze alle quali il circuito risponde. Normalmente è data la frequenza più alta e la più bassa, p. es. da 200 Hz a 3200 Hz.

**BANDA STRETTA** Descrive un circuito per comunicazioni che, a causa della sua banda passante e larghezza di banda limitata consente comunicazioni ad una velocità massima di circa 200 baud.

**BATCH PROCESSING** Tecnica di elaborazione dati in cui si accumulano i termini simili per elaborarli insieme.

**BAUD** Unità di misura della velocità dei segnali uguale a 1 secondo diviso per la durata dell'unità o impulso più corto di ogni carattere.

**BAUD RATE** Numero di bit per secondo del segnale di una telescrivente o dei dati basato sulla durata del bit più corto. Nei computers il "bit rate" è uguale al "baud rate" se tutti i bit hanno la stessa durata.

**BIT** Abbreviazione di "binary digit". Il singolo impulso in un gruppo di impulsi.

**BIT DI PARITÀ** Un Bit aggiunto al carattere per rendere la somma dei bit pari o dispari.

**BIT RATE** Vedere BAUD RATE.

**BIT DI START** Bit supplementare aggiunto all'inizio di ogni carattere di una trasmissione asincrona per indicare l'inizio del carattere.

**BIT DI STOP** Bit supplementare aggiunto alla fine di ogni carattere di una trasmissione asincrona per indicare che la trasmissione del carattere è terminata.

**BLOCCO** Un insieme di parole, caratteri o cifre trattate dal computer come unità unica.

**BOBINA IBRIDA** Trasformatore che ha essenzialmente tre coppie di bobine bilanciate montate su un nucleo comune in modo da prevenire reazione o oscillazioni.

**BUFFER** (circuito) Dispositivo di memorizzazione che compensa la differenza di velocità di trasmissione dei dati. Un circuito o sistema che memorizza unità o gruppi di dati fino alla loro utilizzazione da parte di un complesso ricevente.

**BUFFER** (funzione elettrica) Circuito che fornisce l'isolamento tra due circuiti impedendo l'interazione tra il circuito pilotato e il circuito di comando.

**BYTE** Un gruppo di bit elaborati (in parallelo). Il numero di bit in un byte varia con il tipo di apparecchiatura commerciale e con il costruttore, ma è fisso per un dato apparato.

## "C"

**CADUTA** Variazioni separate e distinte del segnale che possono portare ad un errore nella ricezione o registrazione dei dati.

**CAMPIONAMENTO** Registrazione periodica del valore istantaneo di una grandezza che varia continuamente.

**CANALE** Un collegamento per la trasmissione. Un circuito elettrico o elettronico attraverso il quale sono trasmessi i segnali dell'informazione e in cui la larghezza di banda e la banda passante sono quantità definite.

**CANALE ADIACENTE** Canale dell'informazione che occupa la parte dello spettro di frequenza superiore o inferiore a quella del canale in argomento.

**CANALI A DUE FILI** Circuito per trasmissione destinato al funzionamento simplex o half-duplex. Ogni terminazione ha due fili e, eccetto che per i circuiti



con canale opposto, l'informazione è trasmessa in una direzione alla volta.

**CANALE A QUATTRO FILI** Canale per trasmissione destinato al funzionamento full-duplex. Ogni terminazione è fornita di 4 fili, due per trasmettere l'informazione e due per riceverla.

**CANALE IN AFFITTO** Circuito punto-punto o multi-punto riservato all'uso dell'abbonato che lo ha affittato.

**CANALE INVERSO** Una caratteristica di controllo-errore inserita in alcuni MODEMS che consente la trasmissione di dati di controllo-errore su una linea a 2 fili simultaneamente e in direzione opposta al flusso dei dati normali.

**CANALE PER FREQUENZA VOCALE** Canale per comunicazioni che ha una larghezza sufficiente per la trasmissione dei segnali dell'informazione vocale; normalmente va da 200 a 3200 Hz.

**CANALE TIPO TELESCHIVENTE** Canale a banda stretta di bassa qualità relativamente a velocità, costo e precisione.

**CANALE TIPO VOCALE** Descrive un canale adeguato per comunicazioni vocali, indipendentemente dallo scopo per cui esso è usato.

**CANALE VOCE** Canale per comunicazioni con banda passante e larghezza di banda sufficienti per consentire le comunicazioni vocali con tollerabile quantità di distorsione di frequenza dell'attenuazione. La frequenza del canale è un compromesso tra la banda passante ideale e quella accettabile per la trasmissione dei segnali del parlato.

**CAPACITA' DEL CANALE** Termine che indica il numero di bit per secondo che un circuito può manipolare, in base alla larghezza di banda del circuito e al rumore.

**CARATTERE** Una combinazione di bit che, nei computers e negli apparati commerciali, rappresenta una lettera, un numero o un simbolo.

**CARATTERISTICA** La parte intera o "numero intero" di un logaritmo.

**CARATTERISTICA DI BREAK** Consente, all'operatore ricevente di segnalare alla telescrivente trasmittente di arrestare l'invio delle informazioni, quando la telescrivente ricevente non funziona.

**CARICA INDUTTIVA** Introduzione intenzionale, nei circuiti telefonici, di diversi valori di reattanza (normalmente induttanza) per combinare e migliorare le caratteristiche elettriche della linea di trasmissione.

**CARICO** (1) Potenza consumata da un sistema o circuito durante il suo funzionamento. (2) Impedenza d'ingresso di un dispositivo collegato alla linea di trasmissione. (3) L'azione di collegare un'impedenza finale ad una linea o ad un circuito.

**CAVO COASSIALE** Piccolo cavo conduttore (di rame) isolato da un altro conduttore di diametro più grande.

**CAVO MISTO** Cavo in cui i conduttori raggruppati in una guaina sono di tipo diverso, di dimensioni diverse o di tipo e dimensioni diverse.

**CAVO MULTICONDUTTORE** Un assemblaggio di due o più conduttori con guaina protettiva, disposti in modo da poter essere usati separatamente o a gruppi.

**C.C.I.T.T.** International Telegraph and Telephone Consultative Committee, un comitato dell'International Telecommunications Union delle Nazioni Unite nato per indagare sulle comunicazioni dei dati con il fine di proporre standard per le comunicazioni.

**CENTRALE** Parte del sistema telefonico composta da un centralino, dagli abbonati serviti e dalle linee di collegamento.

**CENTRALINO** Luogo degli apparati di smistamento, ricerca e chiamata che in una centrale forniscono agli abbonati il servizio telefonico.

**CHIAMATA** L'impiego del disco combinatore o della tastiera telefonica per iniziare una chiamata da stazione a stazione.

**CHIAMATA DIRETTA A DISTANZA** Servizio telefonico che consente agli abbonati di fare chiamate a lunghe distanze senza l'aiuto di un operatore.

**CHIAMATA SELETTIVA** Possibilità per la quale una stazione trasmittente è capace di specificare quale stazione di quelle sulla stessa linea sta per ricevere il messaggio.

**CHIAVE D'ESCLUSIONE** La chiave meccanica o l'interruttore che, nella chiamata, trasferisce il MODEM nel o fuori del circuito telefonico, consentendo la trasmissione della voce o dei dati.

**CICLO** Evento che ricorre a intervalli regolari. In un'onda elettrica, esso è il cambiamento della forma d'onda di corrente alternata che va da zero, al picco positivo, a zero, al picco negativo e ancora a zero. Il numero di Hertz (cicli per secondo) è chiamato frequenza della forma d'onda.

**CIRCUITO DI COMMUTAZIONE** Un set di relé, interruttori, ecc., che forniscono la continuità attraverso il circuito di trasmissione, prima dell'inizio delle comunicazioni.

**CIRCUITO BILANCIATO** Circuito a due fili in cui le tensioni e le correnti nei due fili sono elettricamente opposte rispetto alla massa.

**CIRCUITO IBRIDO** Mixer lineare che combina le forme d'onda senza eterodinaggio.

**CLOCK** (1) Segnali periodici usati per sincronizzare (2) Dispositivo che misura il tempo. (3) Apparato o circuiti che forniscono una base dei tempi per il controllo di funzioni quali il conteggio e il campionamento.

**CODICE** Sistema per rappresentare parti elementari dell'informazione in una forma diversa. Linguaggio rappresentativo che può essere capito e impiegato dai computers e dagli altri apparati commerciali.

**CODICE BAUDOT** Codice per telescrivente a 5-bit che prende il nome da

Emilie Baudot, un pioniere della telegrafia.

**COLPO IN LINEA** Rapidi segnali spuri o cambiamenti in un circuito. Un imprevedibile cambiamento di breve durata in ampiezza o fase dei segnali di una linea di trasmissione.

**COMBINATORE DI CAVI** Cavo multiconduttore in cui i fili sono raggruppati in coppie o bicipia.

**COMMUTAZIONE** Procedimento che stabilisce temporanei collegamenti tra due o più stazioni di un sistema di comunicazioni.

**COMPANDER** Circuito elettrico impiegato nella trasmissione e ricezione del parlato con lo scopo di migliorare il rapporto segnale-rumore. È composto di due sezioni, un COMPRESSORE ed un ESPANSORE.

**COMPRESSORE** Circuito elettrico a guadagno non lineare, usato prima della trasmissione per ridurre lo scarto in ampiezza nominale dei segnali del parlato. Il compressore attenua i segnali di ampiezza elevata ed amplifica i segnali deboli.

**COMUNICAZIONE DI DATI** Movimento di informazione codificata per trasmissione elettrica.

**CONTROLLO D'ERRORE** Disposizione circuitale che rivela gli errori nei dati ricevuti e che può correggere tali errori eseguendo delle operazioni sui dati ricevuti facendo ritrasmettere i dati dalla sorgente.

**CONVERTITORE DI LIVELLO** Circuito che cambia i livelli di tensione dei segnali c.c. e che può anche invertire la polarità dei segnali.

**COORDINATORE DI LINEA** Procedimento che assicura l'apparato in ognuna delle estremità del circuito è preparato per una trasmissione specifica.

**CROSS MODULATION** Tipo di intermodulazione che si ha quando la portante del segnale voluto è modulata da un segnale indesiderato.

**DATI** Termine generale per l'informazione consistente in numeri, lettere e simboli.

**DBM** Rapporto del guadagno o perdita di potenza c.c. riferito a 1mW di potenza sviluppata su una impedenza di 600  $\Omega$ .

**DBRN** Unità di misura dell'ampiezza del rumore caotico riferita a un livello minore di 90 dbm.

**DECIBEL (DB)** Rapporto del guadagno o perdita di potenza c.a. espresso in bels e in decimali del bels, basato sul confronto tra la potenza ricevuta e quella trasmessa.

**DEMODULATORE** Circuito o circuiti che realizzano la demodulazione.

**DEMODULAZIONE** Procedimento di separazione della forma d'onda modulante originale della portante in un segnale modulato o inviluppo.

**DIAFONIA** Interferenza che compare in un dato canale trasmettente o di registrazione, ma che ha origine in un altro canale.

**DIFFUSIONE** Simile al funzionamento a molti punti. Una trasmettente invia la stessa informazione simultaneamente a diverse riceventi.

**DISADATTAMENTO D'IMPIEDENZA** Difetto circuitale che si ha quando sono collegate insieme impedenze diverse e può produrre perdite di potenza eccessive, debole risposta in frequenza e funzionamento degradato del circuito.

**DISCRIMINATORE** Circuito sensibile alla frequenza usato per demodulare forme d'onda modulate in FM o in FSK.

**DISERIALIZZAZIONE** Conversione da un format dati con caratteri e bit seriali, in un format con caratteri e bit paralleli.

**DISPERSIONE** Scomposizione di una forma d'onda complessa nelle sue frequenze componenti.

**DISPERSIONE ANORMALE** Caratteristica del mezzo di trasmissione in cui le alte

frequenze si propagano ad una velocità maggiore di quella in cui si propagano le basse frequenze.

**DISPERSIONE NORMALE** Caratteristica del mezzo di trasmissione in cui le frequenze basse si propagano a una velocità più grande di quella delle alte.

**DISPLAY** Dispositivo che consente la rappresentazione visiva dei dati.

**DISTORSIONE** Ogni cambiamento nella forma d'onda del segnale ricevuto rispetto a quella del segnale trasmesso.

**DISTORSIONE D'AMPIEZZA** Distorsione del picco positivo o negativo di un'onda rispetto alla parte restante dell'onda. È spesso chiamata distorsione non lineare.

**DISTORSIONE D'ATTENUAZIONE** Deviazione dell'amplificazione o attenuazione uniforme nell'intervallo di frequenza di trasmissione. Diversità di guadagno di qualche frequenza della banda passante del circuito.

**DISTORSIONE DELLA FREQUENZA DI ATTENUAZIONE** Effetto prodotto da un circuito con banda passante limitata su un'onda complessa. L'eliminazione di alcune frequenze dell'onda complessa comporta in uscita una differenza con la forma d'onda di ingresso.

**DISTORSIONE DI RITARDO** Differenza nel tempo di arrivo di due segnali di frequenza diversa, trasmessi simultaneamente.

**DISTORSIONE DI RITARDO DI INVILUPPO** Curva di ritardo d'inviluppo caratteristica di un circuito. Essa si ottiene saggiando il ritardo d'inviluppo in diversi punti della banda passante del canale. La massima deviazione della curva di ritardo d'inviluppo nella banda passante del circuito è spesso riportata come parametro del circuito.

**DISTRIBUTORE TRASMETTITORE** Elettrodispositivo che traduce l'informazione in codice di telescrivente su nastro di carta perforato, in impulsi elettrici che sono trasmessi ad una o più stazioni riceventi.

## "E"

**ECO** Forma d'onda riflessa o che comunque ritorna con ampiezza e ritardo sufficienti da essere distinta dall'onda trasmessa direttamente.

**EFFETTO PELLE** Descrive la tendenza dei segnali c.a. d'alta frequenza a produrre una corrente che fluisce vicino alla superficie del conduttore, aumentando di fatto la resistenza del conduttore.

**ELABORAZIONE DEI DATI** Ogni operazione o insieme di operazioni fatte sui dati.

**ELABORAZIONE IN REAL TIME** Velocità di elaborazione tale da fornire una risposta entro il tempo effettivamente necessario per risolvere il problema. Tempo effettivo durante il quale si sviluppa un processo o un calcolo.

**ELEMENTI TELEFONICI** Tipo di servizio e marchio di fabbrica della Bell System. Come tipo di servizio indica per la trasmissione dei dati, la rete di trasmissione della Bell System. Come marchio di fabbrica indica la qualità degli apparati costruiti per il servizio telefonico.

**EOM (END OF MESSAGE)** Carattere che indica all'apparato ricevente che è stato trasmesso il dato finale.

**EQUALIZZATORE** Circuito usato per rendere uniformi le caratteristiche in linea. Rete compensatrice.

**EQUALIZZATORE D'AMPIEZZA** Introduzione nel circuito di un guadagno o un'attenuazione per compensare le caratteristiche di risposta in frequenza del circuito.

**EQUALIZZAZIONE DI RITARDO** Introduzione nel circuito di uno spostamento di fase per quelle frequenze che, senza equalizzazione, subiscono una minore quantità di ritardo.

**ERRORE** Uno sbaglio in trasmissione. Cattiva trasformazione dell'informazione.

**ESPANSORE** Sezione del Compander che, a causa del suo guadagno non lineare,

estrae, dai segnali compressi per poter essere trasmessi, i segnali del parlato che occupano l'intervallo di ampiezza normale.

**ETERODINAGGIO** Procedimento di combinazione di due frequenze in un mixer non lineare per produrre in uscita una onda distorta che contiene la frequenza somma, differenza e le due frequenze originali.

## "F"

**FATTORE DI VELOCITA'** Rapporto tra la velocità effettiva di un'onda su un conduttore e la sua velocità attraverso lo spazio libero.

**FILTRO PASSA ALTO** Circuito elettrico che fa passare le frequenze più alte, attenuando fortemente quelle al di sotto di una certa frequenza di taglio.

**FILTRO PASSA BANDA** Circuito che consente il passaggio ad un intervallo particolare di frequenze e attenua tutte le frequenze esterne a tale intervallo.

**FILTRO PASSA BASSO** Circuito elettrico che fa passare le frequenze più basse, attenuando fortemente quelle al di sopra di una certa frequenza di taglio.

**FILTRO A REIEZIONE DI BANDA** Circuito elettrico che consente il passaggio di tutte le frequenze eccetto quelle comprese in un dato intervallo.

**FLIP-FLOP** Multivibratore bistabile. Un circuito che resta in uno dei due stati stabili finché l'applicazione di un segnale esterno non ne provoca il cambiamento.

**FORMAT DEL MESSAGGIO** Regole per la stesura di un messaggio, come l'indirizzo della destinazione, il testo e l'EOM.

**FREQUENZA** Velocità di ripetizione di un'onda ricorrente periodicamente, espressa comunemente in Hertz (Hz) o cicli per secondo (cps).

**FREQUENZA DI ERRORE** Numero di errori che si hanno in una sistema in un certo tempo.

**FREQUENZA DI TAGLIO** Frequenza o frequenze alla quale, nei filtri o nei circuiti, si ha l'insorgere brusco dell'attenuazione.

**FSK (FREQUENCY SHIFT KEYING)** Tipo di modulazione di frequenza in cui la modulazione fa sì che la frequenza di uscita vari tra due valori prestabiliti ed in cui la forma d'onda d'uscita non ha discontinuità di fase.

**FULL DUPLEX** Tipo di configurazione circuitale che consente comunicazioni simultanee in due direzioni.

**FUNZIONAMENTO IN MAKE-BREAK** Produzione di una serie di impulsi di corrente per aprire e chiudere i contatti elettrici di un circuito.

## "G"

**GATE** Circuito ad unica uscita e ad uno o più ingressi, con uscita attivata soltanto sotto determinate condizioni di ingresso.

**GUADAGNO (PERDITA) DI LOOP** La somma dei guadagni e perdite in potenza subite da un segnale nel passaggio attraverso un circuito chiuso o loop.

## "H"

**HALF DUPLEX** Tipo di configurazione circuitale che consente la trasmissione in entrambe le direzioni, ma soltanto in una direzione alla volta.

**HARD COPY** Copia stampata prodotta da una macchina in forma leggibile, p. es. reports, listing, sommari.

## "I"

**IMMAGAZZINAMENTO** Termine generale relativo ad ogni dispositivo capace di ritenere l'informazione.

**IMMAGAZZINARE E INVIARE** Procedimento di trattamento dell'informazione in

un sistema di commutazione.

**IMPEDENZA** Opposizione al passaggio della corrente c.a., espressa in ohm, presentata da un circuito o da una linea di trasmissione che ha una certa reattanza e una certa resistenza.

**IMPULSI** Correnti elettriche o campi magnetici di breve durata e forte intensità.

**INDAGINE** Metodo per consentire alle stazioni di un circuito multipunto di trasmettere senza disturbare la linea. Prove sequenziali da una posizione centrale per decidere quale terminale usa il circuito.

**INDIRIZZO** Destinazione in codice di un messaggio.

**INFORMAZIONE** Dati o messaggi. Insieme di elementi fondamentali in una forma che può essere interpretata.

**INPUT** Segnali applicati a un apparato in una forma idonea per essere memorizzati, elaborati, controllati o trasmessi. Parte o estremità dell'apparato dove vengono introdotti i segnali.

**IN SERIE** Con riferimento alla sequenza temporale di due o più processi di uguale configurazione. Elaborazione o trasmissione sequenziale degli elementi fondamentali di informazione.

**INTERFACCIA** Punto fisico di collegamento; p. es., pannelli terminali e spine tra le unità dell'apparato o tra sistemi.

**INTERFERENZA PER CANALE ADIACENTE** Presenza di rumore, diafonia o distorsione in un canale di riferimento dovuta al funzionamento di un canale adiacente.

**INTERRUPT** Pausa intenzionale in un flusso di dati di un sistema, tale che il flusso di dati possa essere ripreso in quel punto dopo un certo tempo. Gli interrupt consentono normalmente al computer di servire un dispositivo periferico.

**INVIARE** Trasmettere o rendere le informazioni disponibili per la trasmissione. Una trasmittente può inviare anche se non riceve l'informazione.

**INVILUPPO** Si riferisce alla forma complessiva di una forma d'onda modulata o al contenuto in frequenza di un'onda modulata, se l'ampiezza è costante.

**INVILUPPO DI MODULAZIONE** vedere INVILUPPO.

## "L"

**LARGHEZZA DI BANDA** Espressione che indica l'intervallo di frequenze cui un circuito risponde. Si calcola sottraendo la frequenza più bassa dalla frequenza più alta della banda passante del circuito.

**LEGGERE** Procedimento di acquisizione dell'informazione da parte di un dispositivo di registrazione.

**LETTURA** Informazione d'uscita da un computer o da un apparato commerciale in forma di rappresentazioni video, di pagine stampate, di schede o nastro perforato, ecc.

**LINEA** vedere CANALE

**LINEA COLLETTIVA** Circuito telefonico unico che serve due o più abbonati.

**LINEA PRIVATA** vedere CANALE IN AFFITTO.

**LINE FEED** Codice funzione che provoca la rotazione della platina della stampante per posizionare la carta sul rigo successivo di stampa.

**LIVELLO** Quantità di potenza in Watt in un dato punto del circuito, o indicazione del livello assoluto del segnale espresso in Watt, Volt, o Ampere confrontato con un livello di riferimento arbitrario.

**LIVELLO DI RUMORE** Il livello di potenza del rumore espresso in Watt, dbm o Volt, misurato in un punto particolare del circuito di trasmissione.

**LOOP** Un circuito chiuso. Ogni sezione, degimento o configurazione chiusa del mezzo di trasmissione nei circuiti di comunicazione.

## "M"

**MANTISSA** Parte decimale di un logaritmo, ottenuta da un'opportuna tavola.

**MARCATURA** Inizialmente indicava un tasto chiuso in telegrafia. Attualmente significa (1) presenza di corrente nel circuito di comunicazione, (2) condizione d'inattività di una telescrivente, (3) la cifra binaria UNO nel linguaggio di computer, (4) l'applicazione della frequenza mark a un circuito di comunicazioni.

**MARK** Una delle due condizioni possibili. Una linea chiusa in un circuito neutro. La frequenza più bassa di un segnale FSK.

**MEMORIA** Termine generale per un apparato che trattiene o memorizza i dati leggibili di macchina.

**MESSAGGIO** vedere INFORMAZIONE.

**MICROONDA** Forma di trasmissione radio in cui la lunghezza d'onda della portante a radio frequenza è minore di un metro.

**MIXER BILANCIATO** Circuito speciale che impiega diodi e trasformatori per la demodulazione di un'onda a banda laterale singola. Il segnale della banda laterale è combinato con una portante reinserita per produrre il segnale audio originale.

**MIXER LINEARE** Circuito che combina due frequenze, dando in uscita la somma istantanea delle loro tensioni, senza produrre eterodinaggio.

**MIXER NON LINEARE** Circuito che combina due frequenze dando in uscita la somma, la differenza e le frequenze originali.

**MNEMONICO** Informazione codificata in un certo modo per aiutare la memoria umana.

**MODEM** Sta per modulatore/ demodulatore. Apparato che produce nella parte modulatore, forme d'onda FSK da forme d'onda di dati c.c., e nella parte demodulatore, forme d'onda c.c. da FSK.

**MODO** Metodo di funzionamento.

**MODO DI CONVERSAZIONE** Comunicazioni tra computer e terminale, in cui ad ogni richiesta del terminale si ha una risposta dal computer e viceversa.

**MODULATORE** Circuito o gruppo di circuiti responsabile della modulazione.

**MODULATORE BILANCIATO** Circuito speciale usato nei trasmettitori a banda laterale. Esso combina un segnale audio modulante con una portante in modo che la forma d'onda del segnale d'uscita sia composta da una banda laterale superiore, una inferiore e da una portante soppressa.

**MODULAZIONE** Produzione di variazioni dell'ampiezza, frequenza o fase di una portante in funzione delle caratteristiche di un'onda modulante.

**MODULAZIONE A CODICE DEGLI IMPULSI** Procedimento di modulazione in cui il segnale è campionato periodicamente. Ciascun campione è quantizzato e trasmesso in codice binario. Abbreviata in PCM.

**MODULAZIONE D'AMPIEZZA** Procedimento di combinazione di un segnale (d'informazione) di bassa frequenza con un segnale (portante) di alta frequenza per produrre bande laterali che rappresentano il segnale d'informazione. L'ampiezza dell'onda modulata varia in funzione dell'ampiezza e frequenza dell'onda modulante.

**MODULAZIONE DELL'AMPIEZZA DEGLI IMPULSI** Procedimento di modulazione in ampiezza di una portante impulsiva. Abbreviata in PAM.

**MODULAZIONE DELL'ANGOLO** Frequenza della modulazione di fase.

**MODULAZIONE DI FASE** Procedimento di cambiamento della fase di una portante in funzione dell'ampiezza e frequenza dell'onda modulante.

**MODULAZIONE DI FREQUENZA** Procedimento di variazione della frequenza della portante in funzione dell'ampiezza e frequenza della modulante audio.

**MULTICANALE** Descrive la capacità di trasmissione simultanea su uno stesso mezzo di trasmissione di più di un segnale d'informazione con possibilità di separare i canali dopo la trasmissione.

**MULTIPLAZIONE** Procedimento di combinare due o più canali di informazione per una trasmissione simultanea.

**MULTIPLAZIONE A DIVISIONE DI FREQUENZA** Tecnica che usa generatori di portante, mixers, filtri passa banda e circuiti ibridi per combinare insieme molti canali in trasmissione. La separazione dei canali è eseguita dal demultiplicatore.

**MULTIPLEX A DIVISIONE DI TEMPO** Procedimento di trasmissione simultanea di due o più segnali in cui le parti elementari sono campionate. I campioni sono dati sequenzialmente per essere trasmessi, e i segnali d'informazione vengono ricostruiti partendo dai campioni dopo la trasmissione.

**MULTIPUNTI** Un modo di funzionamento del circuito di comunicazione in cui i segnali del circuito sono ricevuti da tutte (più di due) le stazioni collegate al circuito.

“O”

**OFFLINE** Si riferisce all'apparato o dispositivo che funziona senza il controllo diretto da parte dell'unità di elaborazione centrale (CPU).

**ONLINE** Si riferisce alle operazioni svolte dagli apparati periferici sotto il controllo diretto della CPU.

**OPM** Termine per telescrivente che significa operazioni - al - minuto. È simile a caratteri-al-secondo valido per i dati.

**ORA DI PUNTA** La parte di 60 minuti del giorno lavorativo in cui si ha il massimo traffico di comunicazioni.

**OSCILLOGRAMMA DI LISSAJOUS** Si ha su uno schermo di un tubo a raggi catodici quando ai circuiti di deflessione verticale e orizzontale si applicano simultaneamente tensioni in relazione di fase e d'ampiezza diverse.

**OUTPUT** (1) Informazione prodotta da un computer o da un'unità d'elaborazione dati. (2) Segnali che lasciano un'unità dell'apparato, destinati a essere usati in posti diversi o in apparati diversi.

## "P"

**PAROLA** Nei format per telescriventi, una parola è composta di sei caratteri, cinque lettere, numeri o simboli e uno spazio. Nei computer e negli apparati commerciali la lunghezza della parola varia.

**PASSA BANDA** vedere BANDA PASSANTE.

**PERDITA D'INSERZIONE** Perdita di potenza che si ha normalmente nel collegamento fisico dei circuiti.

**PERDITA NETTA** La somma dei guadagni e perdite di potenza tra le due estremità del circuito telefonico.

**PERDITA PER RITORNO** Differenza tra la potenza incidente e la potenza riflessa dovuta ad una discontinuità dell'impedenza. Potenza restante dopo che una parte è stata riflessa da un punto ad impedenza disadattata.

**PERFORATORE** Dispositivo a tastiera per perforare il nastro di carta.

**PESATURA** Sagomatura e limitazione della risposta in frequenza di un circuito per gli scopi voluti.

**PONTE** (1) Shunting di un circuito per mezzo di un altro. (2) Disposizione circuitale che consente l'accoppiamento di due o più circuiti, fornendo idealmente isolamento nominale minimo e adattamento d'impedenza.

**PORTANTE** (1) Società o facilities che forniscono il sistema di trasmissione nel settore delle comunicazioni. (2) Segnale di alta frequenza, con ampiezza, frequenza e fase costanti che può essere modulato variandone l'ampiezza, la frequenza o la fase.

**POSTO TELEFONICO** Uno dei punti di ingresso o di uscita di un sistema di trasmissione.

**PRINT OUT** vedere HARD COPY.

**PRODUZIONE** Termine EDP indicante la capacità di un sistema, circuito o unità dell'apparato di trattare una certa quantità o volume di dati.

**PROVA D'ECO** Metodo di prova della precisione dei dati ricevuti consistente nel ritornare tali dati all'estremità del circuito trasmettente per paragonarli con i dati originali.

**PROVA DI PARITA'** Prova sugli UNI e ZERI di un carattere per determinare se la parità resta esatta durante la trasmissione.

## "Q"

**"Q" O FATTORE DI QUALITA'** Una misura della selettività in frequenza di un sistema elettrico o meccanico. Indicazione dell'acutezza di risonanza di un circuito.

## "R"

**RACCOLTA DATI** L'azione di far convergere i dati a una centrale da uno o più punti.

**RADIO** Comunicazioni per mezzo di onde elettromagnetiche che si propagano attraverso lo spazio.

**RADIO FREQUENZA** Termine generale usato per le onde elettromagnetiche tra 10 kHz e 3000 GHz.

**RAPPORTO SEGNALE-RUMORE (SNR)** Il rapporto tra l'ampiezza del segnale e del rumore in un dato punto di misura.

**REAL TIME** Tempo effettivo durante il quale si ha un processo fisico.

**RECORD** Uno o più caratteri di un insieme di dati raggruppati insieme.

**REPERIMENTO DELL'INFORMAZIONE** Metodo o procedure per recuperare una particolare informazione dei dati registrati.



**RETROAZIONE** Tecnica di rinvio alla sorgente dei segnali ricevuti attraverso un canale o linea separata.

**RICETRASMETTITORE** Unico apparato che è capace di trasmettere e di ricevere.

**RICEVITORE** Dispositivo che riceve l'informazione dal mezzo di trasmissione e la converte in una forma comprensibile.

**RIFLESSIONE** vedere ECO

**RIPETITORE** Amplificatore della linea telefonica combinato con circuiti ibridi e bilanciati.

**RISONANZA** Condizione del circuito in cui, alla frequenza applicata, si hanno quantità uguali e opposte di reattanza capacitiva e induttiva. Un circuito risonante si dice "accordato" e può dare massimo guadagno o massima attenuazione in funzione della configurazione del circuito.

**RISPOSTA DI RITORNO** Indicazione proveniente dall'apparato commerciale ricevente per dire che è pronto a ricevere i dati inviati dall'apparato commerciale trasmittente.

**RISPOSTA IN FREQUENZA** Espressione dell'uscita di un dispositivo o circuito in funzione dell'ingresso, sotto condizioni che devono essere stabilite. Un grafico dell'uscita in funzione della frequenza per un particolare dispositivo o circuito.

**RITARDO** Tempo richiesto dal segnale per attraversare un dispositivo o un circuito.

**RITARDO D'INVILUPPO** Misura della distorsione di ritardo che si ha quando un'onda modulata in ampiezza a banda stretta è trasmessa attraverso il circuito in prova.

**RO (RECEIVE ONLY)** Servizio in cui il terminale ha la possibilità di ricevere i segnali ma non quella di trasmetterli.

**RUMORE** Disturbi elettrici indesiderati e non comprensibili presenti alla terminazione ricevente di un circuito di comunicazione.

**RUMORE IMPULSIVO** Numero di impulsi per unità di tempo che in un circuito, superano un determinato livello di soglia.

## "S"

**SCANNER** (Analizzatore) Apparato che periodicamente controlla su ogni sezione di una linea riservata il traffico dell'informazione e la sua disponibilità.

**SCRIVERE** Procedimento di registrazione dell'informazione su un dispositivo d'immagazzinamento come un nastro, tamburo o disco magnetico o in una sezione di memoria di un computer.

**SEGNALE** Mezzo visivo, udibile o di altro tipo, di trasporto dell'informazione. Informazione, messaggio, trasferiti da un sistema di trasmissione. Un segnale onda. Personificazione fisica del messaggio.

**SELEZIONE AUTOMATICA DELLA STAZIONE** Usata nei sistemi di selezione di telescrivente. Consente l'effettuazione e il completamento delle chiamate della telescrivente senza l'intervento dell'operatore.

**SELEZIONE NEUTRALE** Tipo di telegrafia in cui la corrente del circuito è in ON o in OFF. Quando la corrente fluisce la condizione è detta MARK. Quando non fluisce è detta SPACE.

**SELEZIONE POLARE-FUNZIONAMENTO POLARE** Forma di telegrafia in cui la corrente del circuito fluisce in una direzione per la marcatura e nella direzione opposta per la spaziatura. Un circuito in cui le transizioni da mark a space sono rappresentate dall'inversione della corrente.

**SERVIZIO DATI** La possibilità della società telefonica di fornire circuiti, per trasmissione di dati a banda stretta, larga e vocale.

**SERVIZIO DI SCAMBIO CON L'ESTERO** Servizio che collega un telefono d'abbonato ad un centralino, lontano, fornendo un servizio simile a quello locale.

**SIDE BAND** (Banda laterale) Frequenza prodotta da un mixer che ha due altre frequenze in ingresso. La frequenza di sideband superiore è uguale alla somma aritmetica delle frequenze d'ingresso e quella inferiore è uguale alla loro differenza.

**SIMPLEX** Tipo di comunicazione capace di trasferire l'informazione solo in una direzione, oppure modo di funzionamento del circuito che consente comunicazioni solo in una direzione anche se il circuito è progettato per funzionamento half-duplex.

**SINCRONO** Al passo o in fase, se riferito a due dispositivi o a due segnali. In un sistema di trasmissione dati sincrono, un segnale distinto di sincronizzazione è usato per individuare i singoli caratteri e i blocchi di caratteri e per abilitare il funzionamento, la memorizzazione e i segnali di controllo.

**SMISTAMENTO DEL MESSAGGIO** Trasmissione dei dati in circuiti separati per indirizzarli attraverso una centrale.

**SMORZAMENTO** Caratteristica dei sistemi elettrici e meccanici che previene variazioni rapide ed eccessive e che riduce l'instabilità o la tendenza a oscillare.

**SOPPRESSORE D'ECO** Circuito elettronico impiegato nei tronchi di linea a 4 fili per disattivare la via di ritorno, quando l'informazione è stata trasmessa.

**SPACE** Una delle due condizioni possibili. Una linea aperta in un circuito neutro. La più alta delle due frequenze di un'onda FSK.

**SPAZIATURA** Applicazione continua di frequenze space al circuito di trasmissione. Trasmissione di una sequenza di bit ZERO.

**SPETTRO DI FREQUENZA** Intervallo continuo di radiazioni elettromagnetiche.

**SPOSTAMENTO DI FASE** Differenza tra punti corrispondenti delle forme d'onda d'uscita e d'ingresso, espresse in gradi e indipendente dall'ampiezza.

**SPOSTAMENTO DI PORTANTE** Differenza tra le frequenze mark e space in un sistema con modulazione FSK.

**SR** Abbreviazione di Send-Receive (Invia-Riceve).

**STAMPANTE DI LINEA** Stampante in cui tutti i caratteri di una linea intera sono stampati durante un ciclo della macchina.

**STATO SOLIDO** Circuito composto da transistori, diodi e componenti passivi.

**STAZIONE D'ABBONATO** Posto dell'apparato usato dall'abbonato per accedere alla rete di trasmissione.

**STAZIONE DI PASSAGGIO** Termine telegrafico indicante una delle stazioni di un circuito a multi-punti.

**STUNT BOX** Dispositivo per il controllo delle funzioni di non stampa di un terminale telescrivente.

"T"

**TARIFFA** Aliquota stabilita dalla società telefonica per una specifica unità per una certa configurazione o servizio.

**TELEFONO** Apparato che comprende un microfono ed un altoparlante. Il microfono converte l'energia sonora in segnali elettrici che vengono trasmessi. Nel telefono ricevente, l'altoparlante converte questi segnali elettrici nei relativi suoni.

**TELEFOTO** Modo di rappresentare figure o materiale stampato o immagini a 2 dimensioni in forma grafica.

**TELEGRAFIA, TELEGRAFO** Sistema di trasmissione, ricezione e stampa di simboli grafici o immagini senza graduazione della tonalità.

**TELEPAK** Canale a larga banda dato in affitto offerto dalla A.T. & T.

**TELEPRINTER** Nome commerciale usato dalla Western Union per i suoi apparati terminali telegrafici. Dispositi-

vo capace di ricevere segnali di tele-scrittore e di stamparli.

**TELETYPE** (Telescrivente) Sistema per trasmettere l'informazione stampata per mezzo di una tastiera o di un nastro di carta o di dispositivi stampanti riceventi.

**TELETYPE CORPORATION** Un'ausiliaria della Western Electric Corporation che costruisce teletype e apparati di commutazione.

**TELETYPEWRITER** Termine che si applica agli apparati costruiti dalla teletype Corporation e agli apparati Teleprinter.

**TELEX** Centrale automatica per teletype data dalla Western Union.

**TEMPO D'ACCESSO** Intervallo di tempo che intercorre tra la richiesta e l'arrivo dell'informazione, p. es. il tempo di lettura o scrittura di un computer.

**TEMPO DI OCCUPAZIONE** Tempo totale impiegato da un canale di trasmissione per una comunicazione che comprende il messaggio e il tempo di esercizio.

**TEMPO DI RISPOSTA** Tempo che intercorre tra la richiesta e la risposta in un terminale.

**TEMPO DI TURN-AROUND** Tempo richiesto per invertire la direzione di trasmissione in un circuito di comunicazioni half-duplex.

**TERMINALE** Punto in cui i segnali possono entrare o uscire da un sistema o rete di trasmissione.

**TERMINALE PER DATI** Apparato di elaborazione dati che serve da punto di raccolta, impiego o trasferimento dei segnali.

**TERMINALE REMOTO** Ogni terminale di una rete di comunicazione diverso da quello in cui si trova fisicamente una persona.

**TESTO** Corpo di un messaggio. L'informazione che viene trasmessa.

**TRADUTTORE** Dispositivo che trasforma i segnali dalla forma secondo cui sono

stati generati in un'altra forma, p. es., un linguaggio macchina in un altro.

**TRASCRITTORE** Apparato associato all'elaborazione dati, che converte i records dell'informazione da un linguaggio macchina a un altro o in una forma differente, senza alterare il contenuto del record.

**TRASDUTTORE** Ogni apparato che converte l'energia da una forma in un'altra forma, p. es., un microfono o un altoparlante.

**TRASLAZIONE DI FREQUENZA** Trasferimento di segnali che occupano una certa banda di frequenza, un certo canale o gruppo di canali, da una posizione nello spettro in un'altra, in modo che la differenza aritmetica delle frequenze dei segnali nella banda o nei canali risulti inalterata.

**TRASMETTITORE** Apparato che converte l'informazione in una forma accettabile dal mezzo di trasmissione.

**TRASMISSIONE** Modulazione di un mezzo di trasmissione da parte di un segnale d'informazione e trasferimento fisico a distanza dell'informazione.

**TRASMISSIONE ASINCRONA** vedere A-SINCRONO.

**TRASMISSIONE DI TELEFOTO** Procedimento di scansione di un'immagine nel trasmettitore, di conversione dell'immagine in segnali elettrici elementari per la trasmissione, e di ricostruzione dell'immagine su pellicola o su carta trattata nella stazione ricevente.

**TRASMISSIONE IN PARALLELO** Metodo di trasferimento dell'informazione in cui ogni bit o carattere è trasmesso simultaneamente attraverso circuiti separati o attraverso sezioni separate di uno stesso circuito.

**TRASMISSIONE IN SERIE** Metodo di trasferimento dell'informazione in cui ogni bit di un carattere di un messaggio segue nel tempo ogni carattere precedente. Il primo bit del primo carattere precede il secondo bit del primo carattere. Il quale precede il secondo carattere, ecc.

**TRASMISSIONE SINCRONA** Vedere SINCRONO.

**TREMOLIO (JITTER)** Instabilità delle transizioni delle frequenze mark a quelle space e viceversa, nei segnali FSK. L'instabilità si riflette nell'onda modulata come variazioni nei bordi d'attacco e d'uscita.

**TRONCO** Canale per comunicazioni tra due centrali diverse o tra gruppi di apparati di una stessa centrale.

**TWX** Rete di telecomunicazioni della Bell System a 60 o 100 parole al minuto.

## "U"

**UNITA' DI CHIAMATA AUTOMATICA (ACU)** Un dispositivo di selezione che consente agli apparati commerciali di effettuare automaticamente le chiamate.

**UNITA' PERIFERICA** Apparato che lavora in congiunzione con un terminale o computer ma che non fa parte di quelle unità.

**UNITA' TERMINALE** Apparato che ha accesso al canale di trasmissione per fornire i segnali d'ingresso o ricevere quelli d'uscita del canale stesso.

**U.S.A.S.C.I.I.** Codice americano standard per l'interscambio d'informazioni. Codice raccomandato dalla American Standards Association per la trasmissione digitale dell'informazione.

## "V"

**VELOCITA' BASSA** Velocità di trasmissione limitata, normalmente, a un massimo di 200 bit per secondo.

**VELOCITA' DI LINEA** La velocità massima alla quale i segnali possono essere trasmessi attraverso un dato canale, espressa in bit per secondo o in baud.

**VELOCITA' DI PROPAGAZIONE** Velocità, espressa in distanza per unità di tempo, alla quale i segnali elettrici et-

tromagnetici attraversano un mezzo di trasmissione.

**VELOCITA' DI TRASMISSIONE** Numero di elementi di informazione trasmessi nell'unità di tempo espressa normalmente in bit, baud, caratteri, parole, blocchi, o record per secondo o per minuto.

**VIA ALTERNATIVA** Canale secondario per comunicazioni che si usa quando il canale primario è inadeguato o non disponibile.

## "W"

**WADS** Abbreviazioni di Wide Area Data Service.

**WATS** Abbreviazione di Wide Area Telephone Service.

**WPM** Abbreviazione di Words per minute (parole al minuto). Descrive la velocità di trasmissione delle telescriventi. Sono comuni velocità di 60 e 100 wpm.

## APPENDICE III

# RISPOSTE AI QUESITI

### CAPITOLO 1

1. La vista e l'udito.
2. I limiti dei sensi fondamentali, per es.: la distanza, la velocità, la quantità.
3. Formulazione, generazione, trasmissione, ricezione e interpretazione di un messaggio.
4. Elementi o parti.
5. Trasmissione fisica ed interpretazione dell'informazione.

### CAPITOLO 2

1. Sezione di controllo, ALU e memoria.
2. I dispositivi di input, quelli di output, il file storage e la CPU.
3. Un sistema che risponde immediatamente ai comandi e che svolge le operazioni sotto il diretto controllo della CPU.
4. Perché l'apparato situato lontano può quasi istantaneamente mettersi in contatto con un computer centrale e con file storage.

### CAPITOLO 3

1. Una persona che riceve e paga il servizio fornito da un sistema telefonico.

2. Riduce il numero di linee o cavi richiesti in un sistema telefonico e fornisce un uso più economico delle linee esistenti.
3. Gli apparati di centrale, gli apparati dell'abbonato e le linee di interconnessione.
4. Ricerca, chiamata e selezione di altri telefoni del centralino e accesso ai tronchi intercentrali e interurbani.
5. Linee in un cavo, cavi multipli, cavi sottomarini, sistemi a microonde (radio).
6. Un circuito o via attraverso cui uno o più segnali di comunicazione possono essere trasferiti in un dato tempo.

### CAPITOLO 4

1. Un circuito elettrico semplice è un percorso chiuso attraverso cui la corrente fluisce, mentre un circuito per trasmissioni comprende molti diversi mezzi di trasmissione.
- 2a. La trasmissione è possibile solo in una direzione.
- b. La trasmissione è possibile nell'una o nell'altra direzione.
- c. È possibile la trasmissione simultanea in entrambe le direzioni.
3. Nei circuiti sbilanciati un filo è a massa, nei circuiti bilanciati nes-

- sun filo è a massa e le tensioni sui fili sono uguali e in opposizione di fase.
4. Le linee di commutazione pubbliche non sono collegate permanentemente e richiedono una tensione c.c. per funzionare. Le linee private sono sempre collegate e non vi è applicata tensione c.c..
  5. Multipunto.

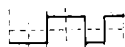
## CAPITOLO 5

- 1a. Da 200 a 3200 Hz
- b. 3000 Hz
2. Vocale, telefoto, telescrivente e dati.
3. Distributore trasmettitore e telescrivente.
4. 74 baud
5. 3000 Hz
6. Nel format del carattere e nella velocità di trasmissione.
7. L'USASCII.
8. Cambia i livelli dei dati c.c. sufficientemente per far funzionare il MODEM e provoca se necessario l'inversione.
9. Apparecchi a bassa velocità come la telescrivente.
10. Il servizio a banda larga è idoneo per velocità di trasmissione più alte, ma è più costoso del servizio a banda vocale.

## CAPITOLO 6

1. Una forma d'onda di ampiezza, frequenza e fase costanti.
2. È normalmente soppressa o eliminata.

3. AM, FM, SSB, FSK.
4. Le variazioni d'ampiezza dell'involuppo (causata dalla presenza delle bande laterali).
5. Le frequenze somma, differenza, portante e modulante.
6. Le deviazioni di frequenza della portante sopra o sotto la frequenza di riposo.
7. Perché per i segnali modulanti è consentita una larghezza di banda maggiore.
8. Per le trasmissioni FM è richiesta una larghezza di banda più ampia.
9. Usando un filtro passa banda per eliminare la frequenza portante e le frequenze della banda laterale indesiderata.
10. L'economia spettrale, il risparmio della potenza, l'interferenza per rumore inferiore.
11. Forma d'onda c.c.



12. Space.
13. Marking.
14. Frequenza centrale = 1700 Hz  
Larghezza di banda = 1000 Hz
15. Per eliminare o ridurre la discontinuità di fase.
16. Convertire i segnali FSK in livelli di dati c.c.
17. Sono possibili velocità di trasmissione più alta in una larghezza di banda di un canale assegnato.

## CAPITOLO 7

1. Il procedimento di combinare canali diversi d'informazione per trasmetterli attraverso una parte del mezzo di trasmissione.

2. La FDM e la TDM.
3. Nelle centrali e negli switchboards interurbani.
4. Multiplazione e demultiplazione di canali.
5. Oscillatore, mixer e filtro passa-banda.
6. Per evitare il mixing non lineare (eterodinaggio).
7. L'uso delle stesse frequenze è necessario per traslare i canali nelle loro posizioni originali nello spettro.
8. Selezionare i prodotti desiderati del mixer e rigettare tutte le altre frequenze.
9. L'apparato di trasmissione di centrale.
10. La risposta in frequenza (banda passante e larghezza di banda) varia con il tipo di mezzo.
11. Sì (in cavi coassiali o sistemi a microonde).

## CAPITOLO 8

1. Resistenza, reattanza e impedenza.
2. La resistenza.
3. La lunghezza, il diametro, il tipo di materiale, la temperatura, (frequenza apparente).
4. La tendenza della corrente a fluire, a frequenze più alte, vicino alla superficie del conduttore.
5. Il rame.
6.  $(40 \Omega \times 1000') \times 8 = 320 \Omega$ .
- 7a. Aumenta.
- b. Diminuisce.
8. Alta.

- 9a. Resistenza
- b.  $X_L$
- c.  $X_C$
10. L'impedenza varia con la frequenza ed è  $600 \Omega$  soltanto a  $1000 \text{ Hz}$ .
11. L'adattamento dell'impedenza è necessario per assicurare il massimo trasferimento di potenza.

## CAPITOLO 9

1. Un bel indica che uno dei livelli di potenza è 10 volte più grande dell'altro.
2. 0,001
3. 20
4. I decibels rappresentano i logaritmi della potenza assoluta.
5. 6,0000
6.  $1 \text{ mW}$ ,  $600 \Omega$ ,  $1000 \text{ Hz}$ .
7. L'impedenza del circuito, la frequenza applicata, l'impedenza dello strumento, la forma d'onda del segnale.
- 8a. Picco picco
- b. Efficaci
- 9a. 0,14
- b. - 14
10. Una perdita di potenza 9 dbm.
11. - 14.

## CAPITOLO 10

1. Attenuazione
2. Distorsione di attenuazione.
3. Si confrontano i livelli ricevuti alle frequenze mark e space. La differenza nei livelli ricevuti indica la risposta in frequenza del circuito.

4. L'AFD si ha quando il circuito non ha una sufficiente larghezza di banda e banda passante per consentire il trasferimento di una forma d'onda complessa.
5. Segnali non desiderati e non comprensibili.
6. Il rumore caotico e il rumore impulsivo.
7. L'agitazione termica, i disturbi atmosferici, i campi di motori e generatori, gli elementi del circuiti.
8. Filtri passandanda idonei.
9. - 90 dbm con filtro messaggio C.
10. -22
11. Conteggi per unità di tempo di livello superiore a un livello soglia di riferimento.
12. Gli impulsi di ricerca, i contatti dei relé, i campi dei motori.
13. In altri canali di trasmissione che corrono paralleli al dato canale in una certa parte del mezzo di trasmissione.
- 14a. L'accoppiamento induttivo.  
b. Capacitivo.
15. Scegliere un canale alternativo, scegliere una via di trasmissione alternativa, o ridurre il livello del segnale nel canale interferente.
16. Il disadattamento delle impedenze.
17. La distanza tra la sorgente e il punto di riflessione.
18. La lunghezza.
19. La differenza nel tempo d'arrivo di due segnali trasmessi simultaneamente.
20. La proprietà dispersiva, per esempio: la dispersione normale e anormale.
21. La EDD è facilmente misurabile e correggibile.
22. Intorno a 2000 Hz ( $1700 \div 2200$  Hz).
23. Gli oscillogrammi di Lissajous e ad occhio.
24. Jitter
25. 5
26. Colpi Cadute.
27. Perdita d'inserzione.

## CAPITOLO 11

1. Eliminare le perdite d'attenuazione. Mantenere il rapporto segnale-rumore.
2. Terminale.
- 3a. Idribi  
b. Bilanciati.
4. Hanno perdite di potenza e sono sensibili alla frequenza.
5. Conversione da linee bilanciate e sbilanciate.  
Derivazione.  
Isolamento.
6. Per impedire un disadattamento d'impedenza tra trasformatore e linea telefonica.
7. Quadrata, H, T,  $\pi$ .
8. Basse.
9. Il filtro passabanda composto.
10. Il collegamento di un idoneo filtro per modellare la risposta in frequenza.
11. Per compensare la risposta di frequenza scadente.
12. Controllare lo spostamento di fase così da compensare la distorsione di ritardo.
13. Estremità dei ripetitori terminali.



14. Half Duplex.
15. Migliorare il rapporto segnale-rumore dei circuiti vocali.
16. I companders possono provocare un'attenuazione eccessiva sui segnali dei dati a variazione rapida.

## CAPITOLO 12

1. L'indicazione del circuito, le caratteristiche generali, le caratteristiche d'attenuazione, le caratteristiche di ritardo, le caratteristiche di rumore.
2. Solo per i dati, per dati e voce alternativamente, per telex, per telefono e facsimile.
3. Il tipo del servizio, il modo di funzionamento, il metodo e l'impendenza delle estremità, il livello massimo della potenza del segnale.
4. -15 a -17.
5. L'attenuazione del circuito varia nei periodi di manutenzione normale.
6. L'attenuazione a 1000 Hz (L) quando all'ingresso è applicato il livello massimo di potenza del segnale.
7. Il Canale B
 

Interv. di Freq.	Var. (db)
300 - 499 (L)	da -2 a +6
500 - 2400 (L)	da -1 a +3
2401 - 2700 (L)	da -2 a +6
8. La più piccola parte della banda che comprende le frequenze mark e space.
9. Il Canale A
 

Interv. di Freq.	Ritard. d'inv.
800 - 2800 Hz	meno di 500 $\mu$ sec.
10. -45
11. Il Canale A

90 conteggi in 1/2 ora  
@ 68 dbrn0 6A-VB

## CAPITOLO 13

1. All'interfaccia tra gli apparati EDP e della società telefonica.
2. Trasmettitore, ricevitore, alimentatore.
3. Il ricevitore (demodulatore).
4. No, per il funzionamento di RQS è necessario il segnale RQS.
5. La presenza di un segnale nella sezione demodulatore di un MO-DEM.
6. Velocità di trasferimento dati più alta a causa del fatto che i bis start e stop non sono trasmessi.
7. I bits di parità consentono all'apparato ricevente di provare la bontà dei caratteri ricevuti.
8. Alla fine della trasmissione di un blocco di caratteri.
9. I segnali dei dati diretti e inversi occupano parti diverse della banda del canale.
10. I soppressori d'eco in funzione impediscono all'informazione del canale inverso di raggiungere il terminale trasmittente.
11. L'uso di cavallotti asportabili per fare i collegamenti all'interno di un MODEM.
12. Gli apparati commerciali locali e gli apparati dei dati.
13. Gli apparati commerciali locali, gli apparati dei dati a ciascun capo del circuito, e la linea telefonica.
14. Sostituire il pannello del circuito difettoso piuttosto che il componente discreto.
15. No.

# ESAME FINALE

Domande e risposte	Sezione esaminata	Domande e risposte	Sezione esaminata
1. b	G	14. c	L
2. a	K, F	15. e	D
3. d	I	16. a	M
4. c	J, L	17. e	F, M
5. c	M	18. d	K, J
6. b	E	19. b	H
7. c	J, L	20. a	E - F
8. d	F	21. e	L, J, K
9. a	D	22. d	M, K, J
10. b	M	23. b	D
11. e	J, K, L	24. a	F
12. d	I	25. c	H, K, J
13. c	M		

670867



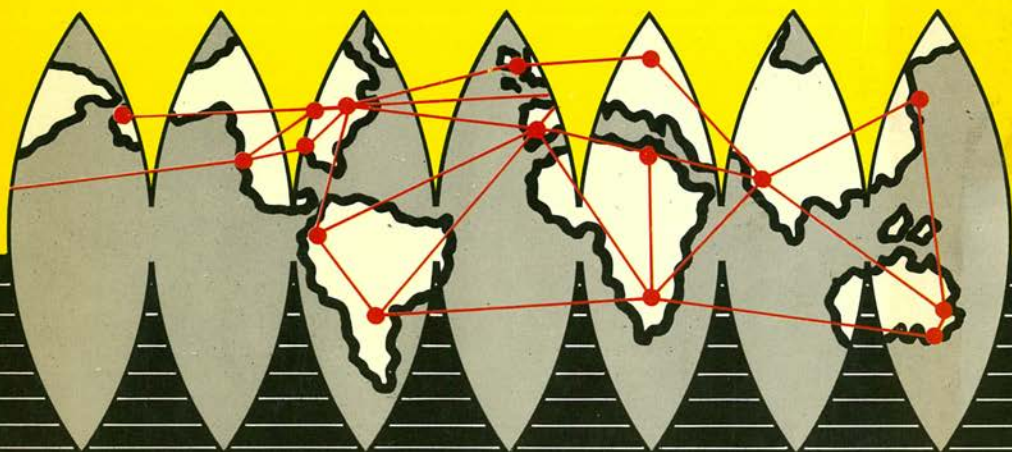


L. 9.000

Edizione italiana del **NCR**  
Data Communications Concepts

TM = Trade Mark della Nanotran, Inc.

® = Marchio Registrato della Nanotran Inc.



24

# ELEMENTI DI TRASMISSIONE DATI



JACKSON  
ITALIANA  
EDITRICE

a cura del Technical Education  
Department Marketing  
and Publications Division  
The National Cash Register Co.