

Mezzi trasmissivi

Caratteristiche, parametri e
applicazioni

Resistenza

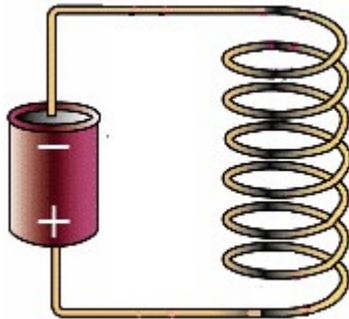
- La resistenza elettrica è una misura che indica l'opposizione di un conduttore manifestata verso la corrente che l'attraversa.

$$R = \frac{V}{I} \quad [\Omega]$$

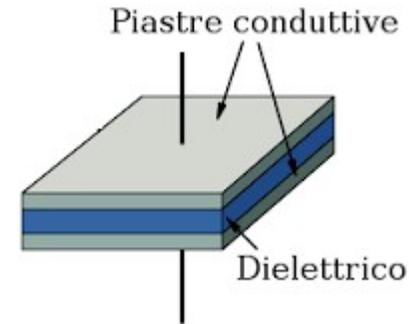
- V è la differenza di potenziale applicata ai capi del conduttore.
- I è l'intensità della corrente (flusso di cariche elettriche che attraversa una sezione nell'unità di tempo)

La resistenza è un parametro costante, che stabilisce una proporzionalità diretta tra l'energia applicata ai capi del conduttore e l'intensità della corrente che fluisce nel conduttore.

Reattanza



Induttanza



Condensatore

Per una tensione continua

- Un induttore rappresenta un corto circuito
- Un condensatore rappresenta un circuito aperto

Per una tensione variabile l'induttanza e il condensatore manifestano una reattanza, cioè una opposizione (o un ritardo a seguire le variazioni imposte dalla tensione) alla corrente che l'attraversa.

Per alte frequenze l'induttore risulta un circuito aperto, mentre il condensatore si comporta come un corto circuito

Impedenza

- L'impedenza mostrata da un conduttore sottoposto ad una differenza di potenziale variabile è una combinazione della resistenza e della reattanza.

Nel caso di un canale di comunicazione

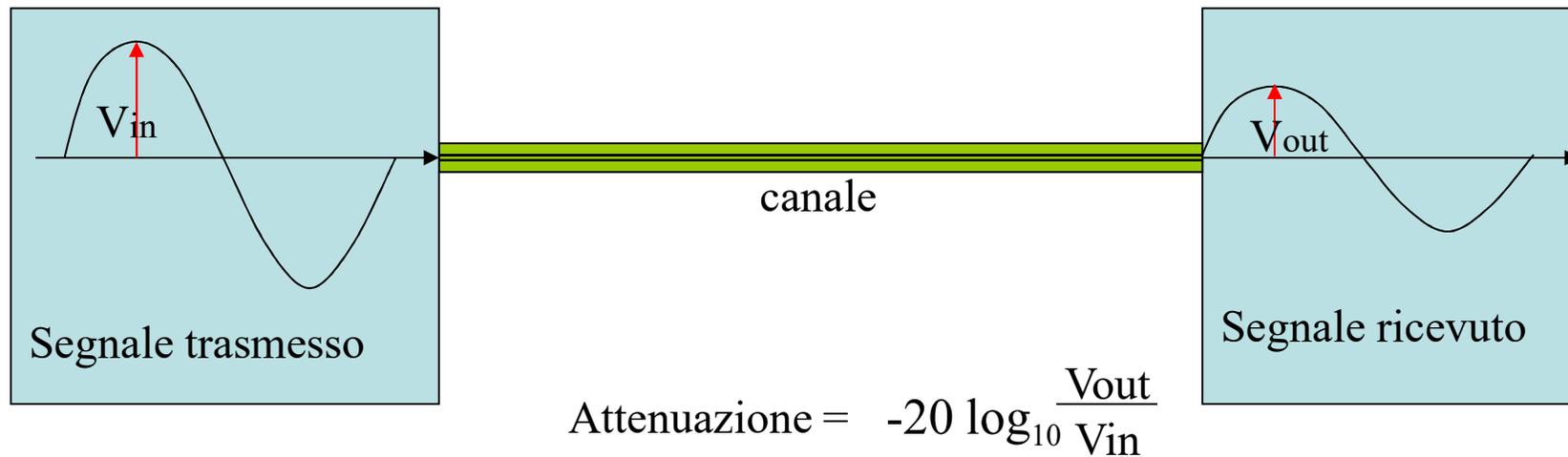
- La parte resistiva dell'impedenza si manifesta come una riduzione dell'energia che giunge al ricevitore
- La parte reattiva si manifesta come un ritardo con cui le variazioni di tensione giungono al ricevitore

Attenuazione

Si misura in decibel e rappresenta il rapporto tra la potenza del segnale ricevuto e la potenza del segnale trasmesso.

Il trasporto dell'informazione da un capo all'altro di un canale viene affidato a un fenomeno fisico che ha la proprietà di propagarsi lungo il canale.

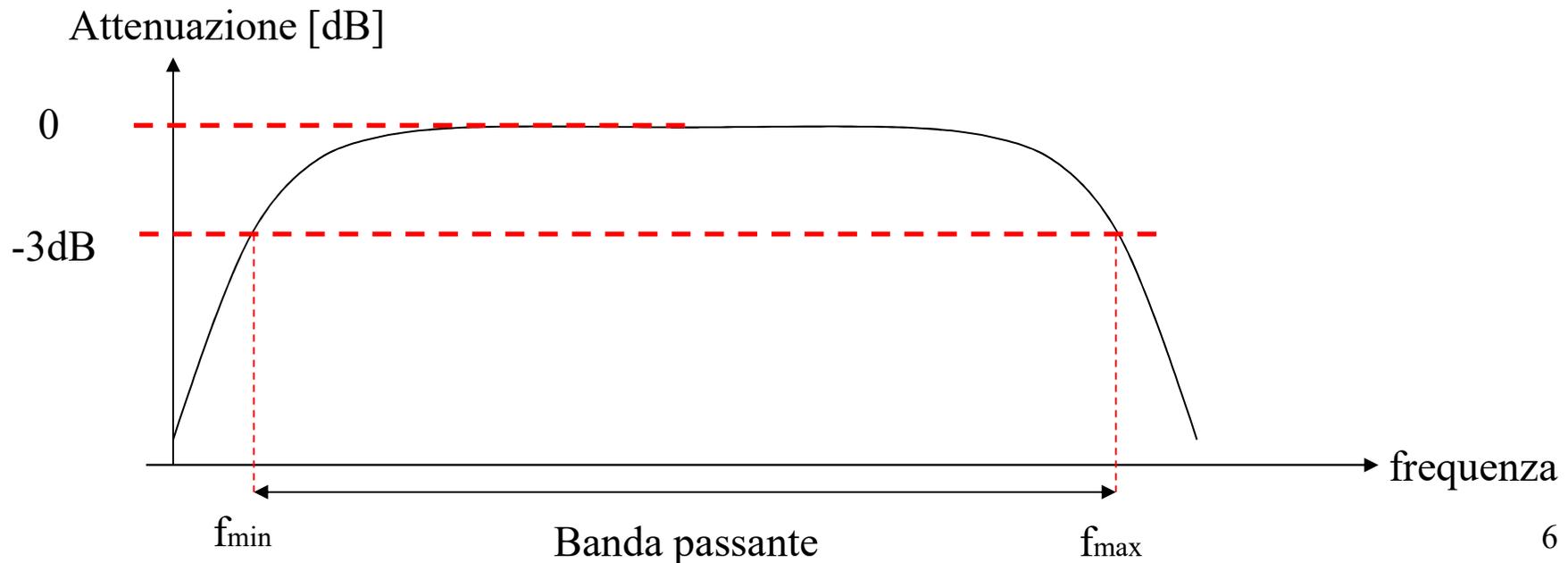
Il canale dissipa una parte dell'energia.



Banda passante

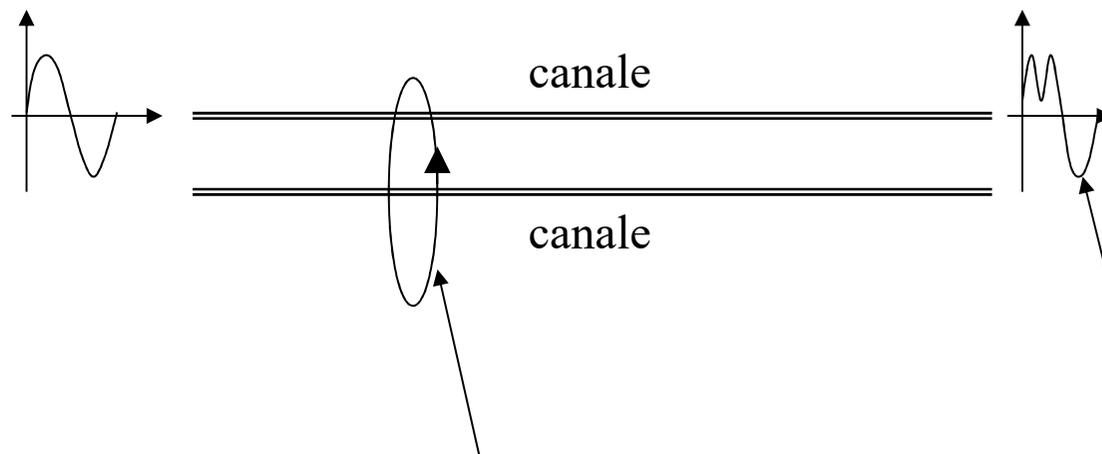
L'attenuazione cambia al variare della frequenza del segnale trasmesso.

L'intervallo di frequenze in cui l'attenuazione si mantiene superiore a un livello standard è detto banda passante.



Diafonia

il segnale sul mezzo subisce l'interferenza dall'energia trasportata su un mezzo adiacente.



Il segnale ricevuto differisce dall'originale perché questo è stato alterato dal rumore generato da un conduttore vicino

La corrente variabile che circola in un conduttore irradia nello spazio circostante delle onde elettromagnetiche.

Lo stesso cavo contiene più coppie, che in linea di principio, si disturbano a vicenda.

Codifica di Manchester

Un dispositivo trasmettitore deposita segnali sul canale ogni T secondi.

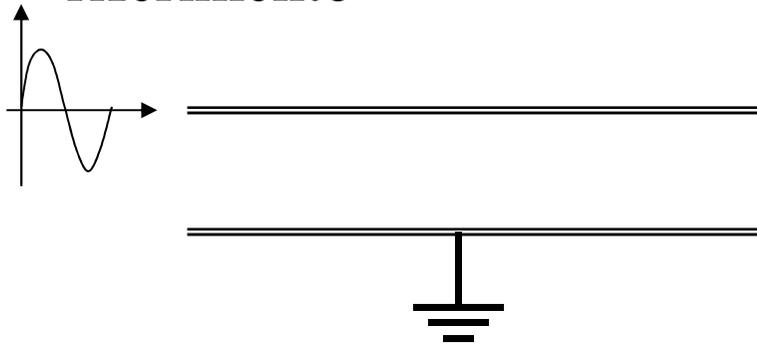
Il ricevitore deve leggere il canale ogni T secondi.

Se tra gli orologi dei due dispositivi esiste una differenza, allora il ricevitore può perdere dei bit o può leggere due volte lo stesso bit, a seconda se avanza più lentamente o se avanza più velocemente.

La codifica di Manchester ha lo scopo di trasportare sia il bit di informazione sia il clock.

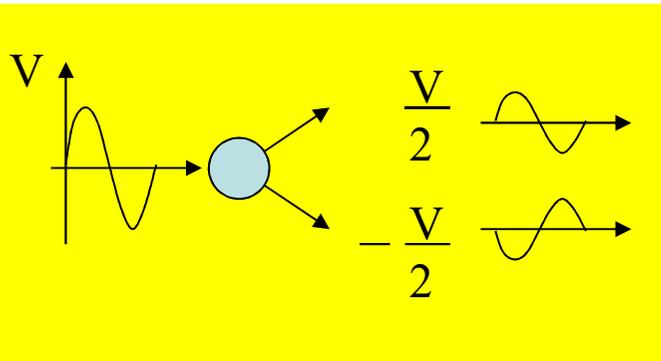
Tecniche di trasmissione

- **Sbilanciata:** un filo porta il segnale e un altro porta il riferimento



Il conduttore che porta il segnale può diventare, involontariamente, antenna di campi elettromagnetici generati da apparecchiature circostanti e quindi l'informazione potrebbe venire decodificata con errori.

-
- **Bilanciata:** Il segnale da trasmettere viene diviso in due parti uguali e in opposizione di fase tra loro. Le due metà del segnale vengono trasportate da due conduttori.

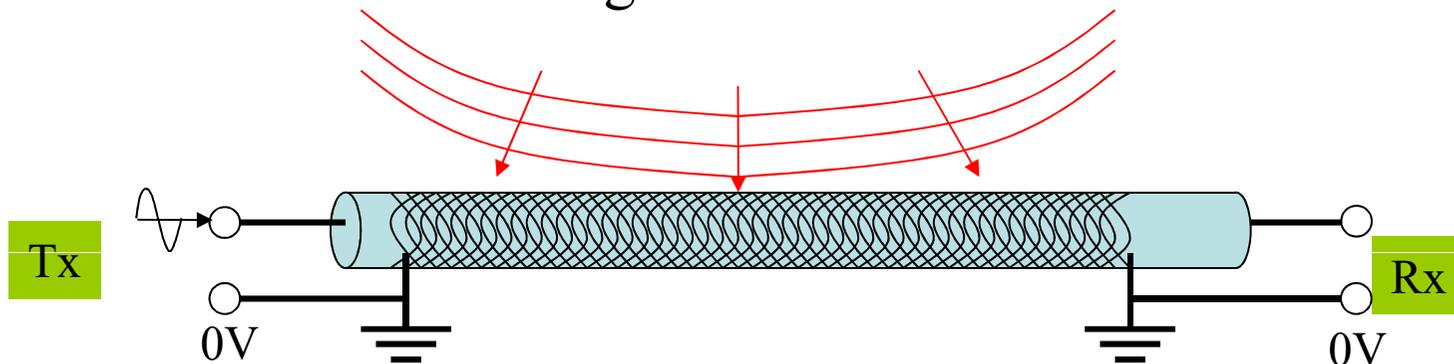


I conduttori devono avere un'elevata simmetria speculare.

Nella trasmissione bilanciata non è più necessario fornire una tensione di riferimento perfettamente uguale per il ricevitore e per il trasmettitore

Il cavo coassiale

- Nella trasmissione sbilanciata si impiega il cavo coassiale per proteggere il conduttore che trasporta le informazioni dal rumore elettromagnetico dell'ambiente.



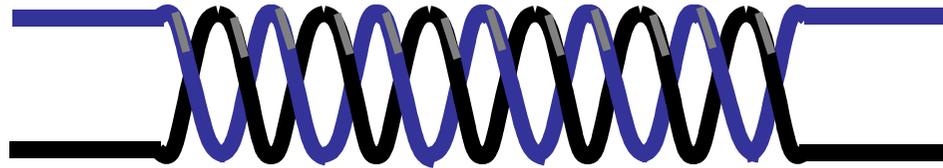
Il filo centrale porta il segnale, il filo esterno è una calza (o un foglio di alluminio), che porta il livello della tensione di riferimento per il segnale e costituisce uno schermo per i disturbi di natura elettromagnetica.

Quando un'onda elettromagnetica investe il cavo, sullo schermo si registra una differenza di potenziale. Di conseguenza, la tensione di riferimento del trasmettitore assume un valore diverso dalla tensione di riferimento del ricevitore, in modo tale che la misura del segnale ricevuto è errata.

Unshielded Twisted Pair

Il cavo UTP è una coppia di conduttori attorcigliati.

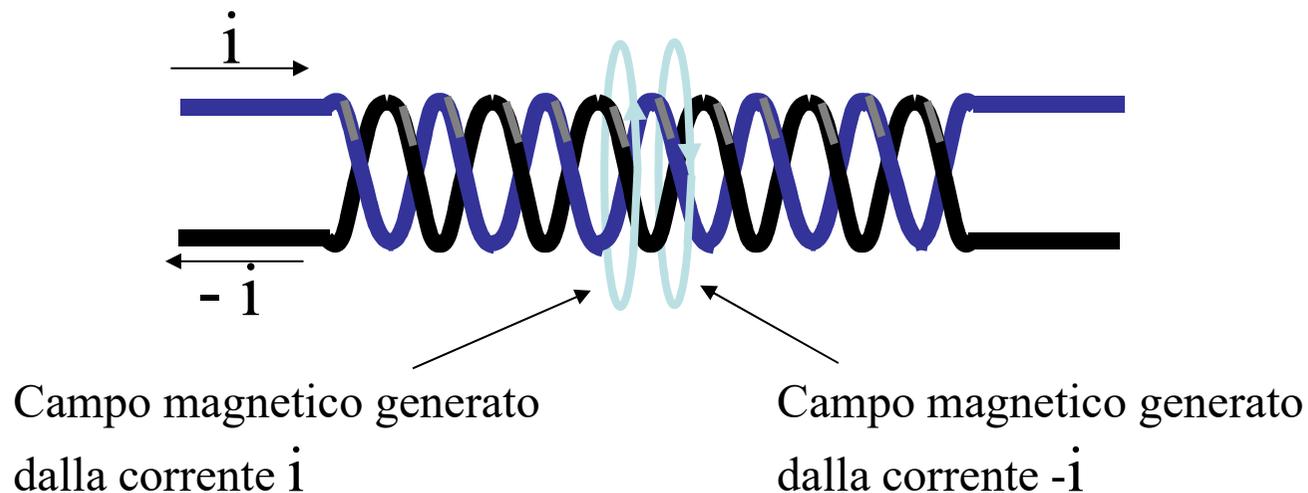
Il requisito essenziale è che le spire abbiano un'elevata simmetria spaziale e la conservino anche nella messa in opera (le curvature e gli stiramenti per trazione non devono alterare la geometria dei conduttori attorcigliati).



Nei cavi STP (Shielded Twisted Pair) le coppie sono rivestite da un foglio di alluminio con funzione di schermo.

Riduzione della diafonia

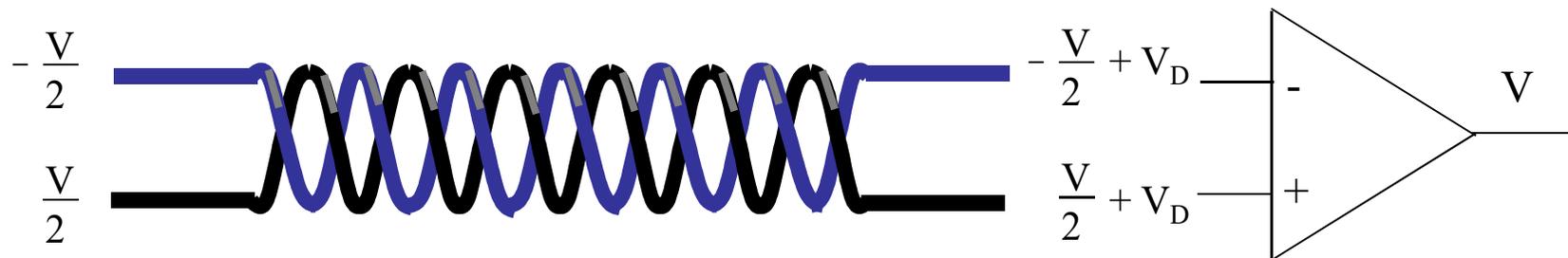
Con la trasmissione bilanciata le correnti circolano in senso opposto nei due conduttori e quindi generano campi magnetici di direzioni opposte che si annullano.



Il cavo UTP, in cui i due conduttori sono ritorti, non è sorgente di rumore.

Immunità al rumore

entrambi i conduttori possono essere colpiti da un disturbo esterno di natura elettromagnetica, ma grazie alla simmetria spaziale dei conduttori, lo stesso disturbo si somma nella stessa quantità a entrambi i segnali.



Il ricevitore compie la differenza tra i segnali ricevuti e ottiene il segnale originario V , privo del disturbo.

$$\left(\frac{V}{2} + V_D\right) - \left(-\frac{V}{2} + V_D\right) = V$$

La trasmissione bilanciata rende il cavo UTP insensibile al rumore esterno.

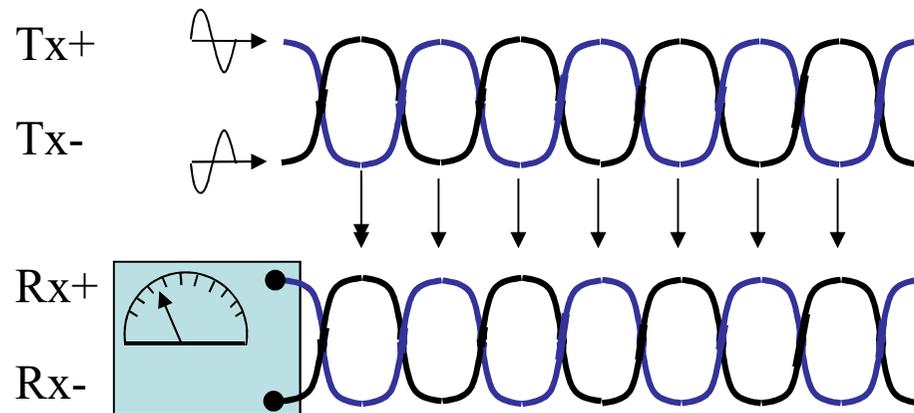
Cavo UTP

Il cavo UTP è preferito al cavo coassiale perché non assorbe e non emette rumore:

- È immune al rumore, in conseguenza della trasmissione bilanciata
- Non è sorgente di rumore in conseguenza dell'attorcigliamento dei due conduttori

Misura della diafonia

Un cavo UTP trasporta 4 coppie. Una stazione ne usa due, una per la trasmissione e una per la ricezione, per cui la misura della diafonia è immediata: si immette un segnale sulla coppia di trasmissione e si misura il segnale sulla coppia di ricezione

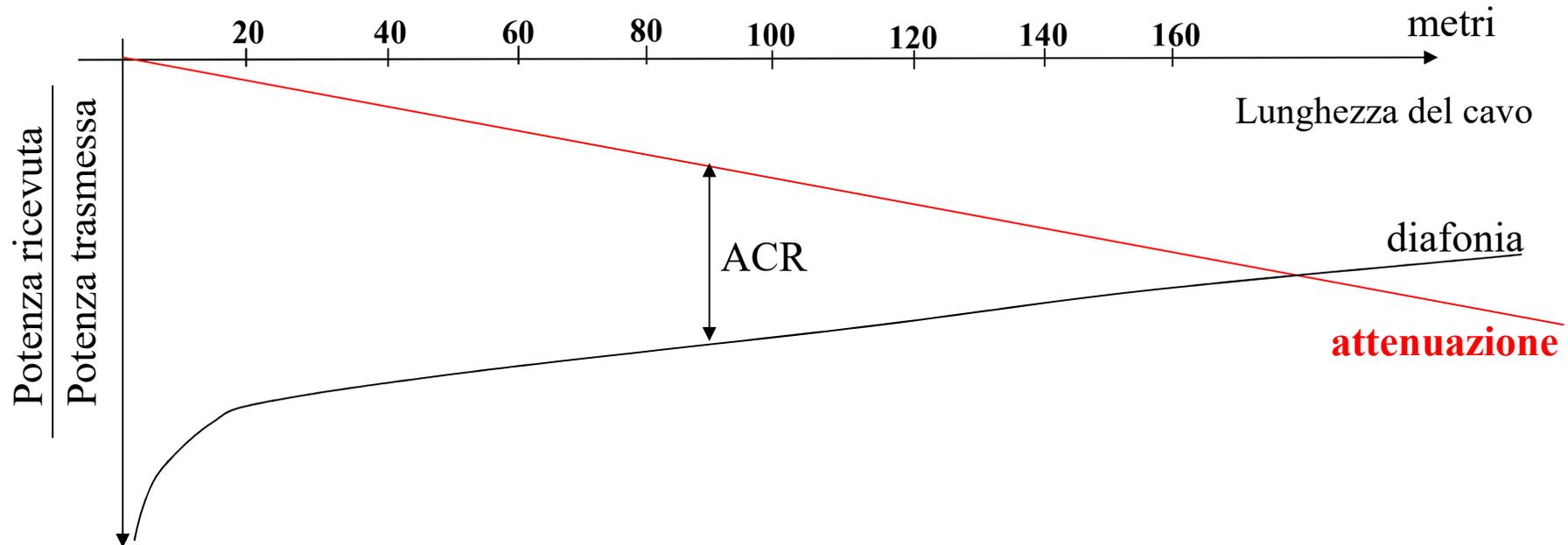


Questa misura della diafonia è detta
NEXT: Near End Cross Talk

ACR: Attenuation to Cross Talk

Ci si aspetta che la diafonia aumenti con l'aumentare della lunghezza del cavo.

L'attenuazione si riferisce alla riduzione della potenza del segnale che giunge al ricevitore e anch'essa aumenta all'aumentare della lunghezza del cavo.



La distanza tra attenuazione e diafonia si chiama ACR. Il grafico mostra che a una certa distanza l'attenuazione è elevata e prevale la diafonia, cioè si riceve più rumore che informazione.

Categorie dei cavi UTP

- Categoria 1: solo telefonia;
- Categoria 2: telefonia, ISDN e linee seriali;
- Categoria 3: reti locali (10 Mbit/s);
- Categoria 4: rete locale Token Ring (16 Mbit/s);
- Categoria 5: reti locali a 100 Mbit/s su distanza massima 100 m;
- Categoria 5e: reti locali fino a 1 Gbit/s.

Propagazione della luce

- La luce si propaga nel vuoto alla velocità di 300×10^6 m/s, e si indica con **c**.
- Secondo la teoria ondulatoria la luce si propaga per mezzo di onde elettromagnetiche.
- Secondo la teoria corpuscolare la luce si propaga mediante fotoni.

Onde e oscillazioni

- Le onde che si osservano in un mezzo (una corda, la superficie dell'acqua) sono prodotte dalle particelle che oscillano verticalmente intorno alla loro posizione di equilibrio.
- Ciascuna particella trasmette il moto a quella vicina.
- Ciò che si propaga è l'energia, non la materia.



Lunghezza d'onda

- Il periodo dell'onda è il tempo che impiega una particella che oscilla verticalmente a ritornare, con la stessa velocità, in un punto da cui è già passata.
- La frequenza è il numero di oscillazioni che una particella compie in un secondo
- La lunghezza d'onda è la distanza tra due particelle che oscillano in fase.



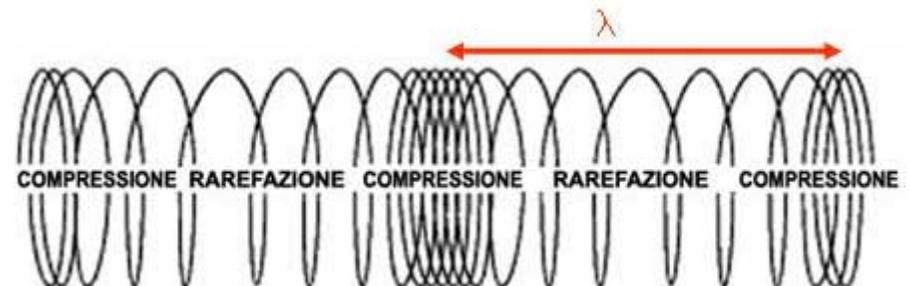
Lunghezza d'onda

- Se v è la velocità di propagazione dell'onda, la lunghezza d'onda λ è lo spazio percorso dall'onda in un periodo T :

$$\lambda = v \cdot T$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Dove la frequenza $f = 1/T$

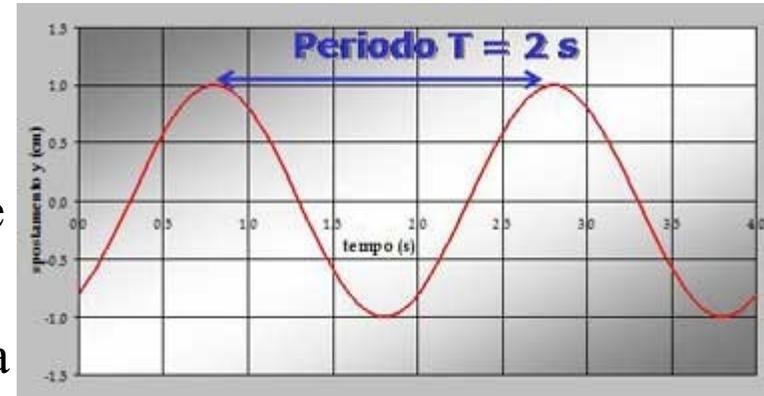


Frequenza e lunghezza d'onda

Diagramma della posizione di una particella che oscilla verticalmente intorno alla posizione di equilibrio.

Il diagramma riporta la posizione in funzione del tempo.

Il periodo è il tempo che impiega la particella per ripassare per lo stesso punto con la stessa velocità



Posizione dei punti in un certo istante di tempo.

La lunghezza d'onda è la distanza tra due punti che oscillano in fase.

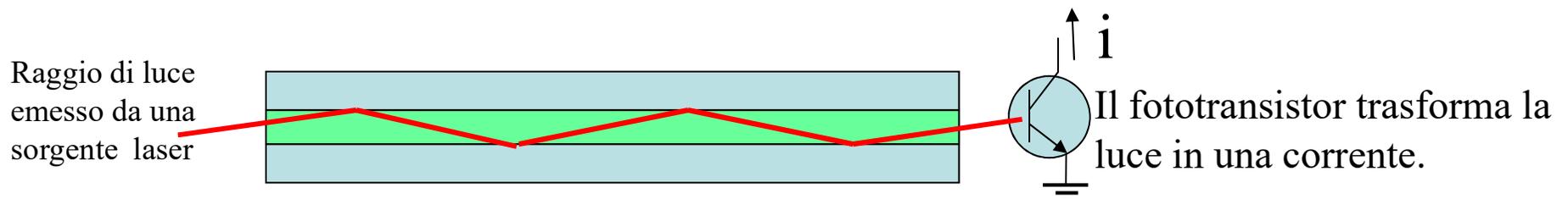


Fibra ottica

Il vetro stirato a un diametro dell'ordine del micron diventa flessibile e robusto.

La fibra ottica è costituita da un tubicino di vetro (core o nucleo) avvolto da un altro tubicino di vetro (cladding o mantello).

La luce emessa da un diodo laser resta catturata nel core per riflessione totale e si propaga fino ad essere acquisita da un fototransistor all'altro estremo della fibra.



L'informazione è trasportata dalla lunghezza d'onda (colore) della luce

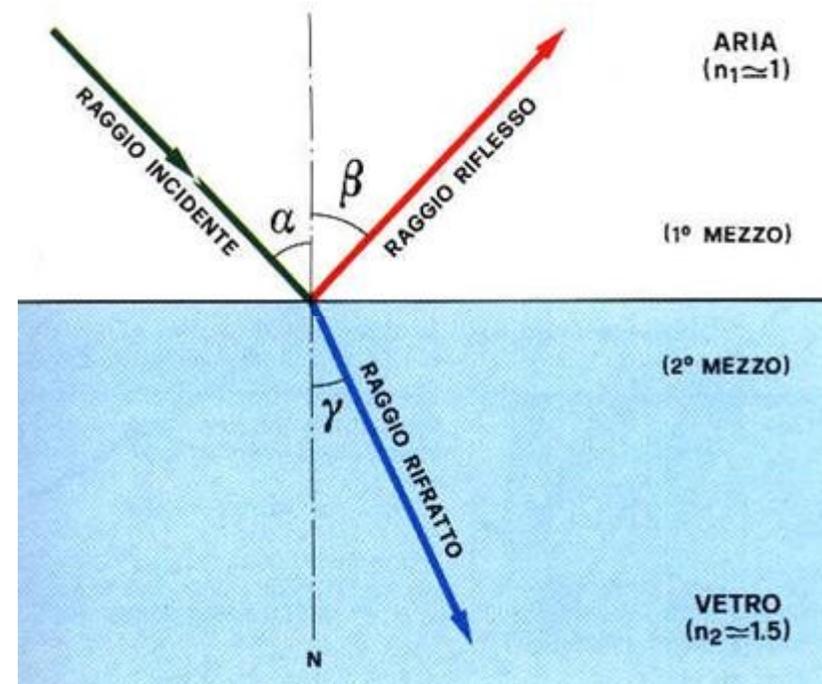
Proprietà delle fibre ottiche

- Immunità al rumore elettromagnetico
- Elevata velocità di trasmissione
- Bassa attenuazione
- Dimensioni ridotte

da una fibra ottica non si può diramare il segnale come avviene per i cavi in rame.

Riflessione e rifrazione

- Un raggio luminoso che colpisce la superficie di separazione tra due mezzi subisce una riflessione e una rifrazione.
- Gli angoli vengono misurati tra il raggio luminoso e la normale alla superficie di separazione.



Legge di riflessione:

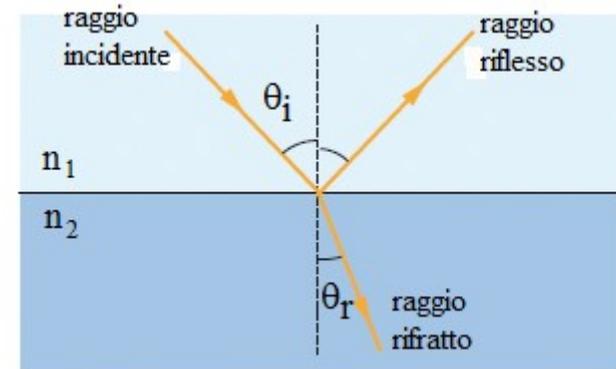
angolo di incidenza = angolo di riflessione

Indice di rifrazione

- È il rapporto tra la velocità della luce nel vuoto e la velocità della luce nel mezzo.

$$n = \frac{c}{v}$$

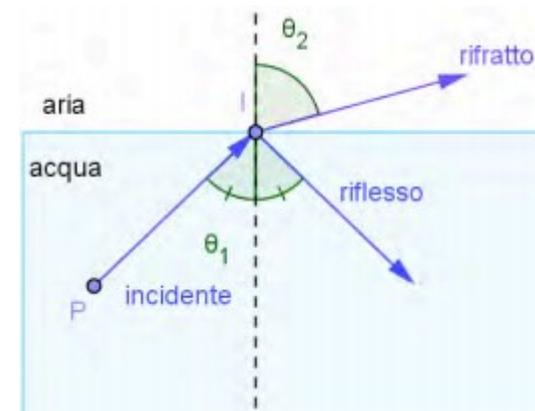
La rifrazione è una variazione della direzione del raggio luminoso che si verifica in conseguenza della diminuzione della velocità quando la luce passa da un mezzo con indice di rifrazione n_1 ad un altro con indice di rifrazione $n_2 > n_1$.



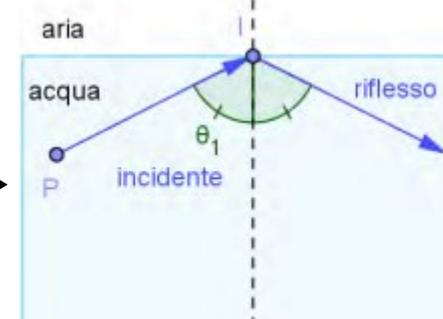
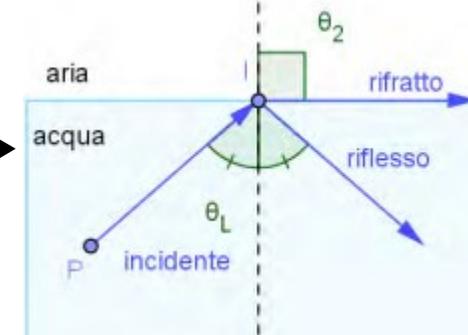
La riflessione totale

La luce che passa da un mezzo con indice di rifrazione n_1 ad un mezzo con indice di rifrazione $n_2 < n_1$ subisce la riflessione totale oltre un certo angolo di incidenza.

Il raggio incidente raggiunge l'angolo limite

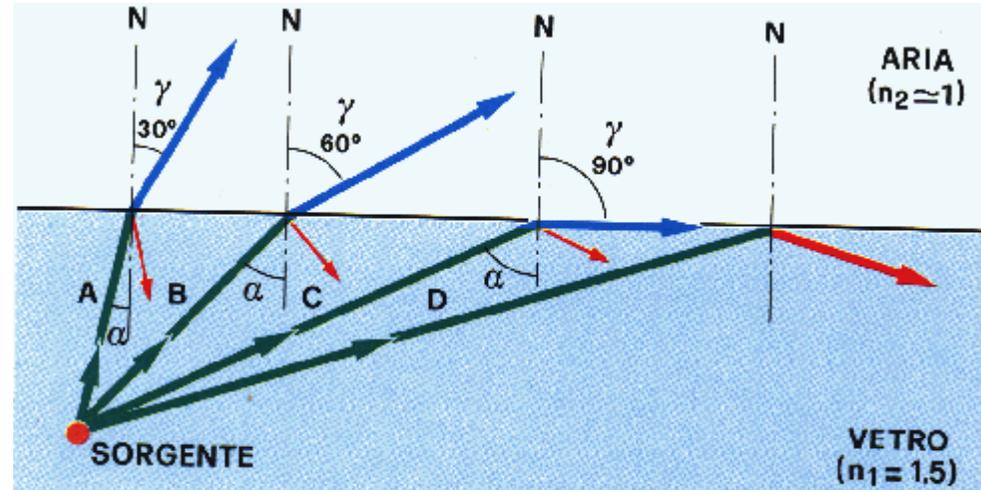


Il raggio incidente supera l'angolo limite, non c'è più rifrazione, si verifica la riflessione totale.



Legge di Snell

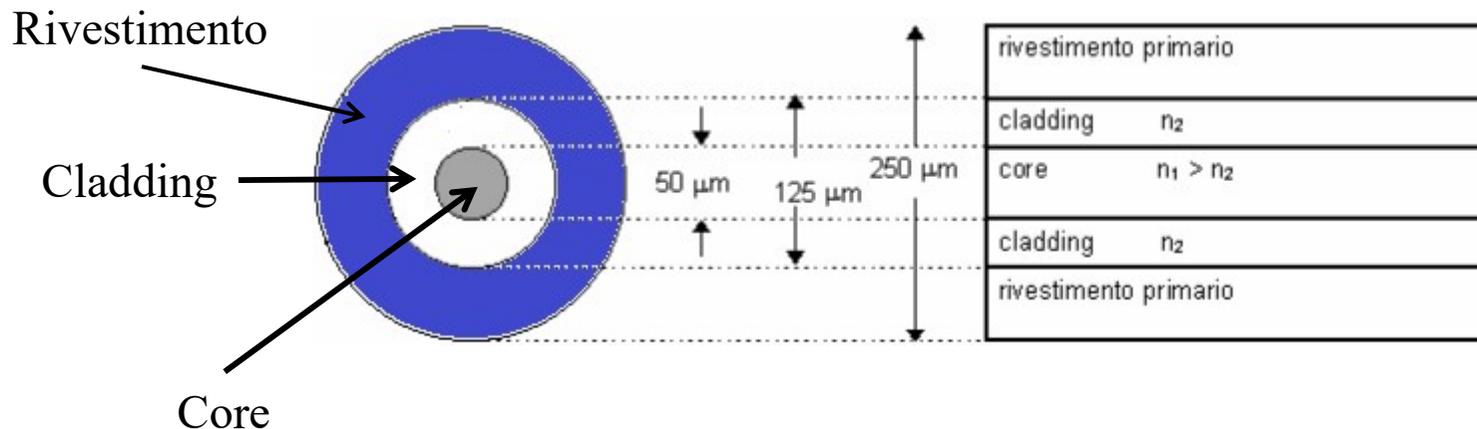
$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{n_2}{n_1}$$



La legge di Snell permette di dimensionare gli indici di rifrazione, in modo da eliminare la rifrazione ed avere solo la riflessione totale.

Fibra ottica

- Una fibra ottica è costituita da un cilindro interno detto nucleo (core), con indice di rifrazione uguale a n_1 e da una corona esterna detta mantello (cladding), con un indice di rifrazione $n_2 < n_1$.



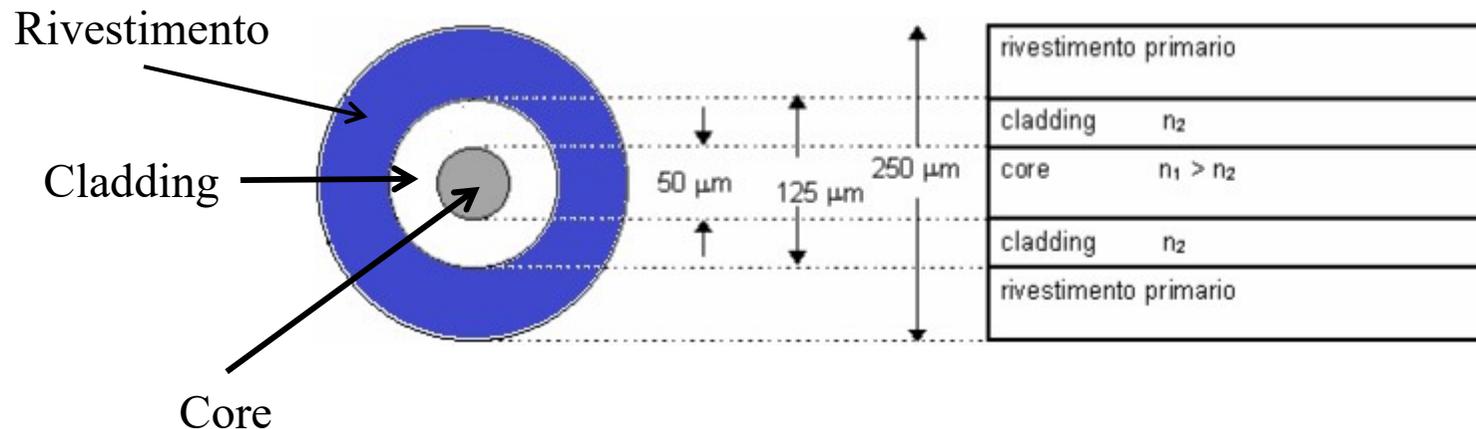
Fibra ottica

- Le fibre ottiche vengono indicate con la coppia diametro del nucleo (N) e diametro del mantello (M):

N/M

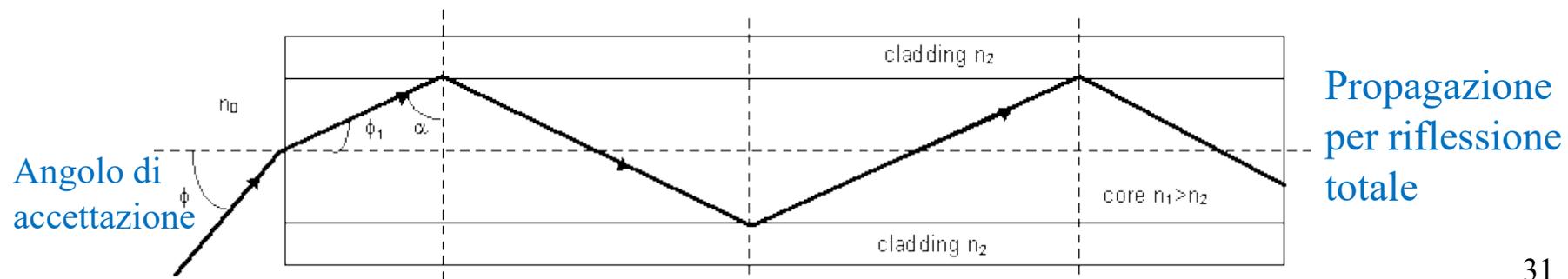
Dove N ed M sono espressi in μm

- e specificando se sono monomodali o multimodali
- Due tipiche fibre multimodali sono 50/125 e 62.5/125
- mentre una fibra monomodale è 10/125



Propagazione della luce nella fibra

- Nella fibra ottica, la luce deve propagarsi attraverso il core. Poiché l'indice di rifrazione n_1 del core è maggiore di quello del cladding n_2 , l'angolo di incidenza α alla superficie di separazione tra core e cladding deve essere maggiore dell'angolo limite α_L . In questo modo il raggio subisce una riflessione totale e si propaga nel core per riflessioni successive. Non vi è dispersione di energia verso l'esterno poiché non c'è la rifrazione.
- Se l'angolo di incidenza fosse inferiore a quello limite si avrebbe rifrazione nel cladding, quindi dispersione verso l'esterno, e solo una parte si propaga nel core per riflessione. Questa parte, poi, subisce ulteriori riflessioni e rifrazioni e, dopo un breve percorso, il fascio di luce si esaurisce.



Dispersione Modale

- Se $n_1 = n_2$ (core e cladding formati dalla stessa sostanza) si ha un angolo di accettazione di 0° . In questo caso la propagazione potrebbe avvenire solo se si inviassero raggi luminosi perfettamente paralleli all'asse del core.
- Se $n_1 > n_2$ si ha un angolo di accettazione >0 ma piccolo angolo limite a_L che costringe il fascio a procedere a zig-zag all'interno della fibra.

Dispersione Modale

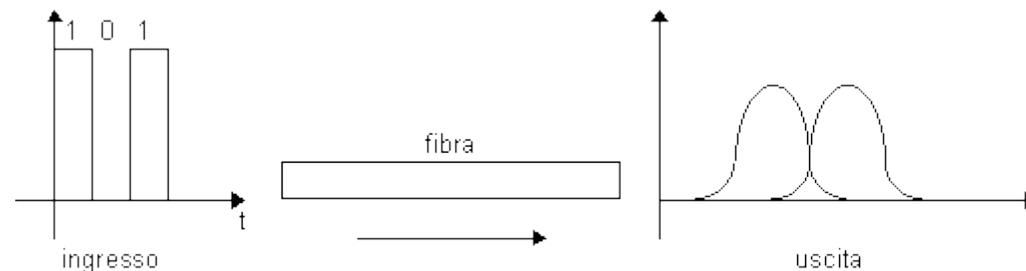
- Per un impulso di luce di breve durata, emesso da una sorgente che emette onde sferiche, l'angolo di incidenza varia da 0 (raggi paralleli all'asse della fibra) all'angolo di accettazione. (**fibra multimodale**) la propagazione dei raggi lungo la fibra si completa in tempi differenti: i raggi paralleli all'asse, compiono un percorso più breve, quindi giungono prima dei raggi incidenti con $\text{angolo} > 0$.
- La *dispersione modale*, degrada la forma dell'impulso inviato poiché esce dalla fibra allargato nel tempo.

Step index e Graded Index

- Le fibre Multimodali possono essere divise in fibre
- step-index: l'indice di rifrazione è costante lungo tutta la sezione del core e cambia bruscamente quando si incontra il cladding.
- graded-index: l'indice di rifrazione varia gradualmente dal core al cladding.
permettendo l'uso di luce multicromatica.

Step-Index

- Nelle fibre a gradino l'indice di rifrazione è costante in tutto il core e decresce bruscamente nel cladding. In esse si manifesta la dispersione modale per cui non trovano applicazione. Infatti, anche i raggi luminosi con la stessa lunghezza d'onda immessi nella fibra con diverso angolo d'incidenza, inferiore all'angolo di accettazione, si propagano con la stessa velocità all'interno della fibra con percorsi a zig-zag di diversa lunghezza. Essi giungono a destinazione in tempi diversi producendo un allargamento temporale dell'impulso luminoso trasmesso.



Graded-Index

- Nelle fibre con profilo graduale l'indice di rifrazione decresce gradualmente dal centro del core fino alla regione di separazione tra core e cladding. In queste fibre i raggi non orizzontali che si spostano dal centro del core verso la sua periferia, incontrano zone ad indice di rifrazione leggermente inferiori, subiscono successive variazioni della direzione tendenti a parallelizzare i raggi. Questi, giunti in prossimità del cladding, vengono riflessi dando luogo, complessivamente, a percorsi elicoidali.
- Il vantaggio delle fibre ad indice graduale è dovuto al fatto che i raggi che si avvicinano al cladding, attraversano un mezzo che presenta un indice di rifrazione via via decrescente e posseggono una velocità più alta rispetto ai raggi che compiono un percorso più breve come, ad esempio, quelli orizzontali all'asse della fibra. In questo modo tutti i raggi dell'impulso di luce giungono quasi contemporaneamente limitando, così, la dispersione modale.