

CCNA_1 (Versione 3.1) Networking basics

Cap. 4 Cable Testing

ithum

Marco Ciampi
m.ciampi@ithum.it



Cap. 4 Cable Testing

Ithum Learning License

Licenza d'uso del materiale didattico

Questo documento e tutto il materiale prodotto da Ithum S.r.l. e dai suoi collaboratori in qualità di autori originari costituisce una “opera” intellettuale protetta dal diritto d'autore e/o dalle altre leggi applicabili.

Tale opera (si veda anche l'appendice *Materiale allegato*) è messa a disposizione sulla base dei termini della presente *Ithum Learning License* ovvero della *Licenza concessa da Ithum Srl per l'utilizzo del materiale prodotto*.

È proibita ogni utilizzazione dell'opera che non sia autorizzata ai sensi della presente licenza o del diritto d'autore.

Ithum Srl e gli autori originari, in qualità di licenzianti, concedono l'utilizzo dell'opera con i diritti ed i doveri di seguito elencati.

Con il semplice esercizio sull'opera di uno qualunque dei diritti di seguito elencati, si accetta e ci si impegna a rispettare integralmente ed a far rispettare a terzi i termini e le condizioni della presente licenza.

L'opera può essere riutilizzata così come è oppure riadattata alle proprie esigenze come specificato da quanto segue.

Ithum S.r.l. e gli autori originari concedono:

- L'utilizzo dell'opera per fini educativi ed informativi personali;
- La riproduzione, distribuzione, comunicazione e/o esposizione in pubblico, rappresentazione, esecuzione o recitazione dell'opera;
- La creazione di opere derivate;

Alle seguenti imprescindibili condizioni:

1. riconoscere sempre e comunque il contributo di Ithum S.r.l. e dell'autore originario, dandone sempre evidenza scritta o comunque documentabile;
2. tener traccia sempre e comunque dei soggetti cui l'opera viene distribuita e comunicarla tempestivamente ad Ithum ed all'autore originario;
3. chiarire e far sottoscrivere agli altri sempre e comunque, in occasione di ogni atto di utilizzo o distribuzione, i termini della presente licenza;
4. contattare preventivamente sempre Ithum S.r.l. e l'autore originario per negoziarne coinvolgimento e compensi in caso di utilizzo ai fini commerciali;
5. Se si ottiene il permesso documentato dal titolare del diritto d'autore (Ithum S.r.l. e l'autore originario) è possibile rinunciare ad alcune o tutte le precedenti condizioni.

Le utilizzazioni libere e gli altri diritti non sono in nessun modo limitate da quanto sopra.

Per qualsiasi informazione è possibile scrivere a formazione@ithum.it.



Cap. 4 Cable Testing

Contenuti

● Concetti su Cable Testing in frequenza

- Onde
- Onde sinusoidali e quadre
- Esponenti e logaritmi
- Decibel [dB]
- Segnali in Tempo ed in Frequenza
- Segnali Analogici e Digitali in Tempo e Frequenza
- Rumore in Tempo e Frequenza
- Bandwidth

● Segnali e Rumore

- Segnali e cablaggio in rame e fibra ottica
- Attenuazione e insertion loss su cavi in rame
- Sorgenti di rumore su cavo in rame
- Tipologie di Crosstalk
- Standard per Cable testing
- Altri parametri di Test
- Parametri temporali
- Test su Fibra Ottica
- Nuovi standard



Cap. 4 Cable Testing

Obiettivi

- Onde sinusoidali e quadre
- Esponenti e logaritmi
- Decibel
- Terminologia su Tempo, Frequenza e Rumore
- Banda digitale ed analogica
- Trattamento del livello di rumore nel cablaggio
- Effetti di attenuazione e disadattamento d'impedenze
- Crosstalk, Near-end crosstalk, Far-end crosstalk, Power Sum Near-end crosstalk
- Crosstalk e Twisted pair nella riduzione del rumore
- I 10 Test di cablaggio in rame definiti dallo standard TIA/EIA-568-B.



Cap. 4 Cable Testing

4.1 Concetti su Cable Testing in frequenza

4.1.1 - Onde

- Un' **onda** è energia che viaggia e si propaga
- **Onde periodiche**: ripetono lo stesso percorso (pattern) a intervalli regolari di tempo. Possono essere sia **analogiche** che **digitali**.
 - Le onde analogiche variano in modo continuo: **non esistono** due punti adiacenti aventi lo stesso valore e rappresentano ciò che in natura varia **regolarmente** nel tempo
 - Le onde digitali variano in modo discontinuo: possono cioè avere dei bruschi cambiamenti tra due punti adiacenti. Non sono “fisicamente realizzabili”
 - Due esempi di onde periodiche sono le **onde sinusoidali** (analogiche) e le **onde quadre**, dette anche **impulsi** (digitali)
- In ambito networking la propagazione dell'energia avviene attraverso la propagazione di opportuni campi elettrici e magnetici all'interno di mezzi propagativi (cavi in rame, fibre ottiche o aria/vuoto)

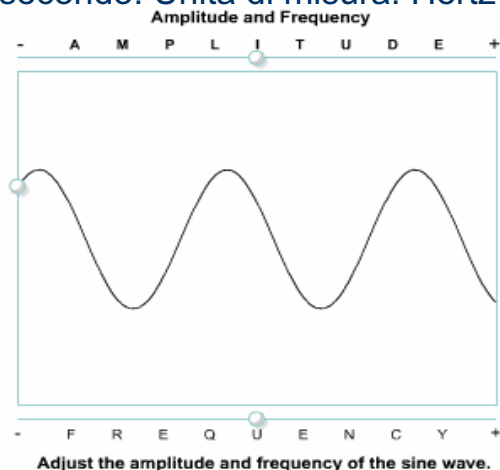
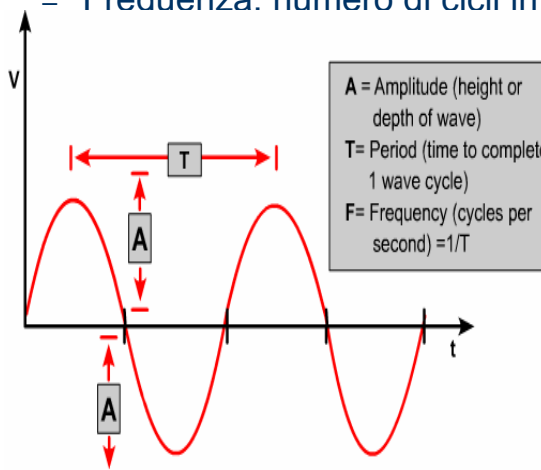


Cap. 4 Cable Testing

4.1 Concetti su Cable Testing in frequenza

4.1.2 - Onde sinusoidali (analogiche)

- Le onde periodiche (analogiche o digitali) si possono “misurare” tramite:
 - Ampiezza: o altezza
 - Periodo: tempo in secondi tra un ciclo e l'altro
 - Frequenza: numero di cicli in un secondo. Unità di misura: Hertz



Le figure mostrano un esempio di onde analogiche: le **onde sinusoidali**

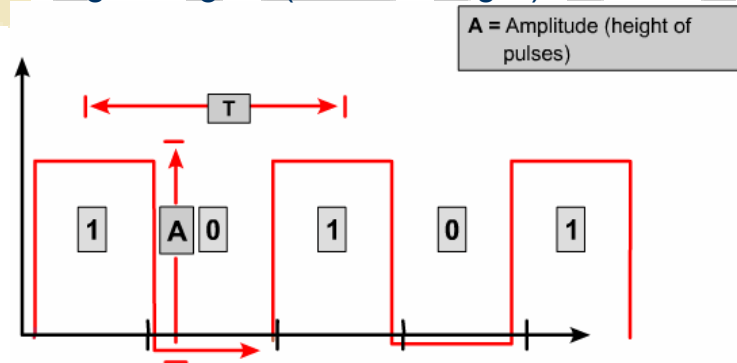


Cap. 4 Cable Testing

4.1 Concetti su Cable Testing in frequenza

4.1.2 - Onde quadre o impulsi (digitali)

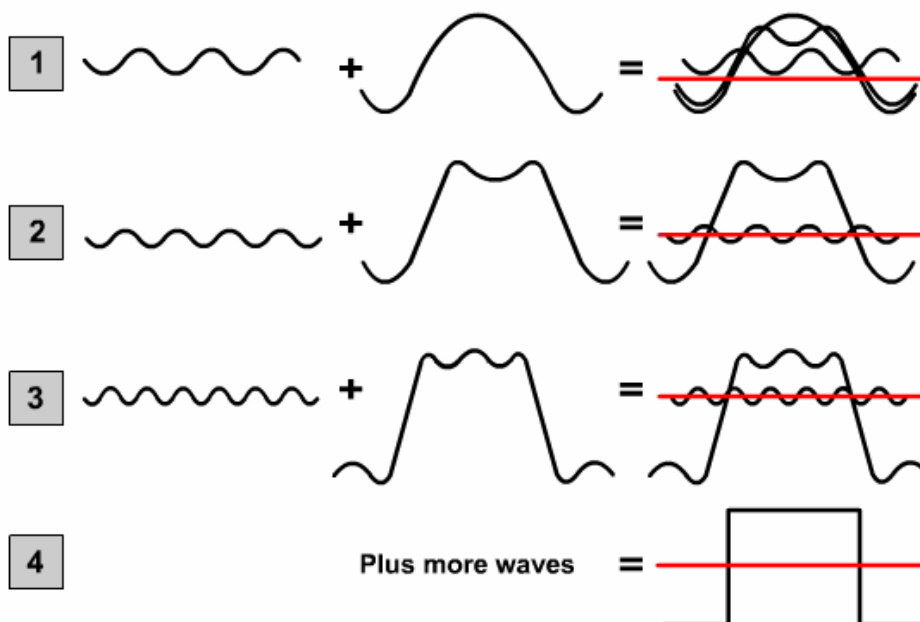
- Sono onde periodiche ma non variano in modo continuo nel tempo: sono quindi onde periodiche digitali
- Mantiene il valore per un certo tempo e poi improvvisamente cambia ad un valore diverso
- Si possono descrivere, come tutte le altre onde, tramite:
 - Ampiezza
 - Frequenza
 - Periodo
- Rappresentano segnali digitali (zeri o uni logici)



Cap. 4 Cable Testing

4.1 Concetti su Cable Testing in frequenza

4.1.2 - Creazione di Segnali Digitali da Analogici



Cap. 4 Cable Testing

4.1 Concetti su Cable Testing in frequenza

4.1.3 - Logaritmi e Potenze

- **Sistemi di numerazione utilizzati nelle reti dati**

- Base 2 – Binary (due cifre: 0 e 1)
- Base 10 – Decimal (dieci cifre: da 0 a 9)
- Base 16 – Hexadecimal (sedici cifre: da 0 a F)

- **Logaritmi**

Un modo utile per trattare con numeri molto grandi o molto piccoli è l'uso della funzione matematica **logaritmo** (in particolare in base 10)

- Praticamente è l'opposto dell'esponente
- E' l'esponente che deve essere dato alla base per ottenere un dato valore
- Esercizio: [Logaritmi](#)
- Esercizio: [Potenze di 10](#)

There are two formulas for calculating decibels:

- $dB = 10 \log_{10} (P_{final}/P_{ref})$
- $dB = 20 \log_{10} (V_{final}/V_{references})$



Cap. 4 Cable Testing

4.1 Concetti su Cable Testing in frequenza

4.1.4 - Decibel

- Il **decibel** (dB) misura la perdita o il guadagno di potenza di un segnale
- Se negativo indica una perdita (loss); se positivo indica un guadagno (gain)
- Esistono 2 formule equivalenti per calcolare i dB:
 - $dB = 10 \log_{10} (P_{final} / P_{ref})$ (potenza, usato con le fibre e con aria)
 - $dB = 20 \log_{10} (V_{final} / V_{ref})$ (ampiezza in tensione, usato con il rame)

con P = Watts, V = Volts, dB = Decibels

- Regole generali di approssimazione:

- Aumento di 3dB (6dB) : la potenza (tensione) raddoppia
- Diminuzione di 3dB : la potenza dimezza
- Aumento di 10dB : la potenza aumenta di 1 ordine di grandezza
- Diminuzione di 10dB : la potenza diminuisce di 1 ordine di grandezza

- Esercizio: [Calcolo del Guadagno](#)
- Esercizio: [Utilizzo dei Decibel](#)

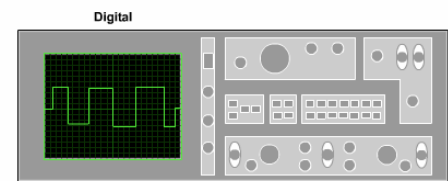
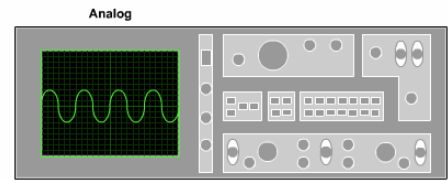


Cap. 4 Cable Testing

4.1 Concetti su Cable Testing in frequenza

4.1.5 - Segnali in Tempo e Frequenza

- Un **oscilloscopio** è un dispositivo elettronico utilizzato per **visualizzare** l'andamento di un segnale elettrico
- Riporta generalmente l'**ampiezza** (tensione o corrente) del segnale sull'asse y e il **tempo** sull'asse x
- Esistono generalmente 2 input per l'asse y e in modo che due segnali possano essere misurati e confrontati contemporaneamente
- L'analisi su oscilloscopio è anche detta **analisi nel dominio del tempo**
- L'analisi nel dominio della frequenza è invece denominata analisi spettrale (**spectrum analysis**) e viene effettuata con un **analizzatore di spettro**. In tal caso, sull'asse x viene riportata la frequenza



Cap. 4 Cable Testing

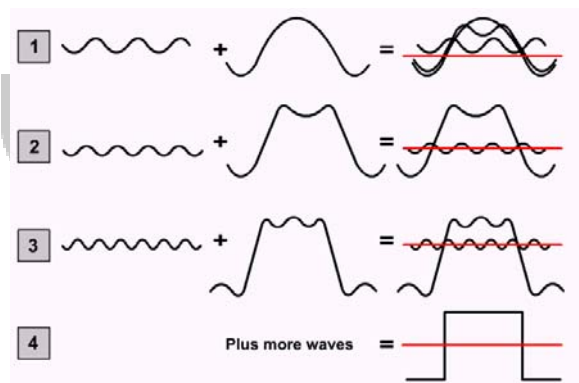
4.1 Concetti su Cable Testing in frequenza

4.1.6 - Segnali Analogici e Digitali in Tempo e in Frequenza

- **Analisi di Fourier:**
 - Un'onda periodica nel tempo di periodo T può essere decomposta nella somma di onde sinusoidali a frequenza multipla della fondamentale (1/T)

$$s(t) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} C_n e^{j2\pi n f_0 t}$$

$$f_0 = \frac{1}{T}$$



- Sovrapposizione di Onde

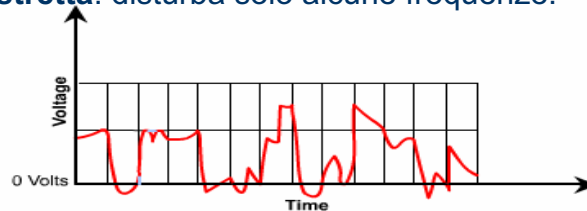


Cap. 4 Cable Testing

4.1 Concetti su Cable Testing in frequenza

4.1.7 - Rumore in Tempo ed in Frequenza

- Il rumore (**noise**) si riferisce genericamente a segnali indesiderati, originati sia da sorgenti naturali che tecnologiche, che si sommano al segnale “buono” rendendolo meno intelligibile per il ricevitore
- Non è mai completamente eliminabile
- Possibili fonti di rumore sono:
 - Cavi vicini che trasportano dati
 - Interferenze a radio-frequenza (RFI) vicine
 - Interferenze elettromagnetiche (EMI)
 - Segnali ottici sul punto di trasmissione e ricezione di un segnale di tipo ottico
- **Rumore Bianco**: disturba tutte le frequenze. Ha natura statistica.
- **Rumore a banda stretta**: disturba solo alcune frequenze.



Cap. 4 Cable Testing

4.1 Concetti su Cable Testing in frequenza

4.1.8 - Bandwidth: Banda analogica e digitale

- **Banda analogica**:
 - Indica il range di frequenze di un sistema elettronico analogico
 - Unità di misura: Hertz
- **Banda digitale**:
 - Misura quanta informazione può fluire da un posto ad un altro in una data quantità di tempo
 - La massima banda digitale utilizzabile in un collegamento è limitata dal tipo di mezzo fisico implementato e dalla tecnologia scelta
 - Unità di misura: bit per secondo (bps) o multipli

Unit of Digital Bandwidth	Abbrev.	Equivalence
Bits per second	bps	1 bps = fundamental unit of bandwidth
Kilobits per second	kbps	1 kbps = 1,000 bps
Megabits per second	Mbps	1 Mbps = 1,000,000 bps = 1,000 kbps
Gigabits per second	Gbps	1 Gbps = 1,000,000,000 bps = 1,000 Mbps



Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

4.2.1 – Segnali dati su cavi in rame UTP

- Sui **cavi di rame** i segnali dati sono rappresentati con livelli di tensione, misurati rispetto allo stesso valore 0 Volt (Signal Ground) su Trasmettitore e Ricevitore
- Per avere una **corretta interpretazione degli 0 e degli 1** in una rete LAN, ogni bit deve essere correttamente riconosciuto. Il **livello di voltaggio** non può essere amplificato dal ricevitore perché aumenterebbe anche il rumore indesiderato che si è aggiunto sul cavo.

- Cavi in rame **Shielded** (schermati) sono usati per proteggere i dati da sorgenti esterne di rumore e dal rumore generato dal cavo stesso

Benefici :

- proteggono il conduttore interno da fonti di rumori esterno
- mantengono il segnale trasmesso confinato all'interno del cavo
- proteggono ogni coppia di fili dal rumore generato dalle altre coppie

Rientrano in questa categoria i cavi coassiali e STP

- Cavi in rame **Unshielded** non sono schermati dal rumore esterno



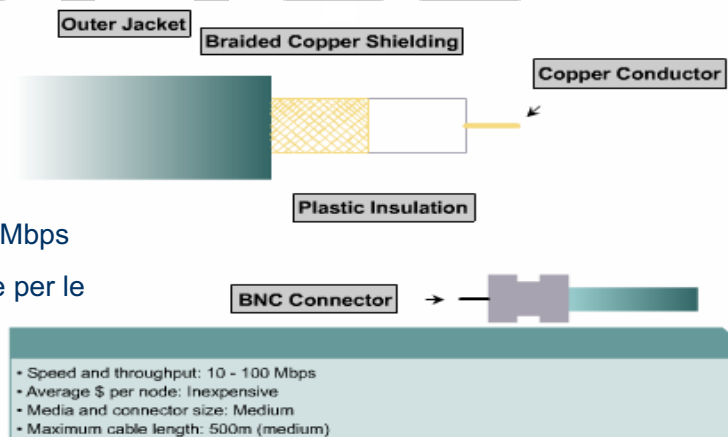
Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

4.2.1 – Segnali dati su cavi in rame coassiali

- Il cavo coassiale è un cavo schermato
- Contiene un conduttore di rame solido circondato da materiale isolante, e poi avvolto in una schermatura di rame conduttore
- La maglia è messa a massa (grounded), per proteggere il conduttore interno da rumore elettrico esterno e per mantenere confinato nel cavo il segnale trasmesso
- E' meno rumoroso, ma più costoso
- Difficile da installare correttamente soprattutto per la difficoltà di mettere correttamente a terra la maglia

- RG-59: TV; RG-6: Video
- Thicknet, con diametro spesso, distanze fino a 500m; fino a 50 Mbps
- Thinnet: più sottile, usato anche per le Ethernet



Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

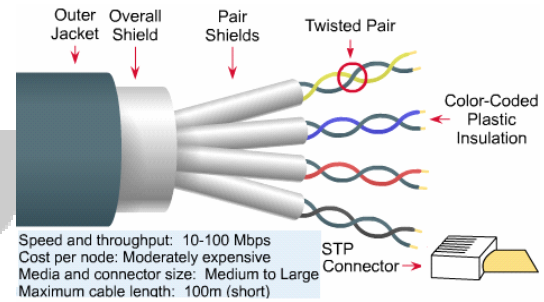
4.2.1 – Segnali dati su cavi in rame STP e UTP

Cavi Twisted Pair: doppietti usati per connessioni telefoniche ed Ethernet.

I fili sono incrociati (e colorati) per limitare Interferenze di Crosstalk e protetti da una maglia esterna

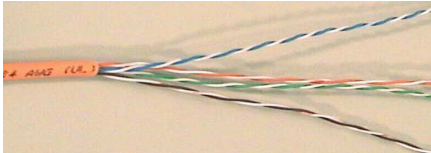
- **Cavi STP (Shielded Twisted Pair):**

- ogni coppia di fili è avvolta da una lamina metallica che protegge dal rumore generato dalle altre coppie di fili
- Esternamente, uno scudo esterno, opportunamente messo a terra, isola dal rumore elettrico
- Riduce i disturbi elettrici attraverso i cavi (**Cross Talk**) e dall'esterno (**Elettromagnetic Interference** e **Radio Frequency Interference**),
- sono più costosi e difficili da installare degli UTP (va mandato correttamente a terra). Utilizzato fuori dal Nord America



- **Cavi UTP (Unshielded Twisted Pair):**

- 2 o 4 paia di fili semplicemente torti per limitare EMI e RFI
- non contengono schermature
- sono suscettibili ai rumori esterni
- sono comunque i più usati perché facili da installare e molto poco costosi



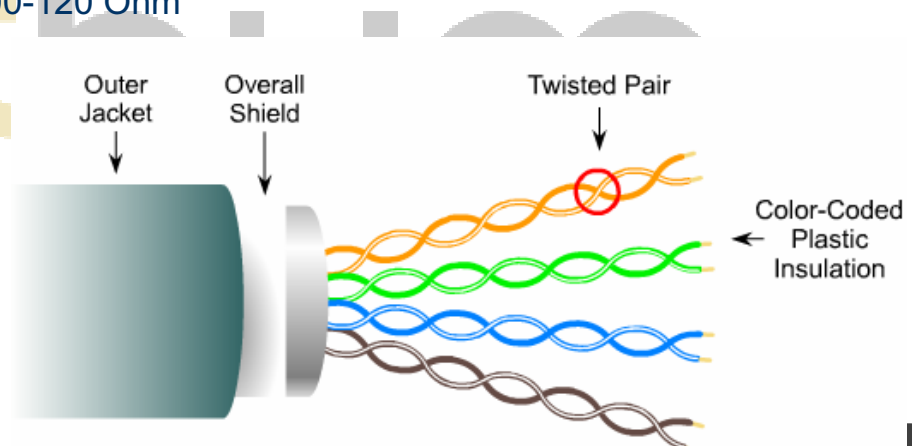
Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

4.2.1 – Segnali dati su cavi in rame ScTP o FTP

Screened UTP, conosciuto anche come **Foil Twisted Pair (FTP)**

- Ibrido fra UTP e STP: ScTP
- è essenzialmente un cavo UTP avvolto da un foglio metallico di rivestimento (**screen**)
- è un cavo a 100-120 Ohm

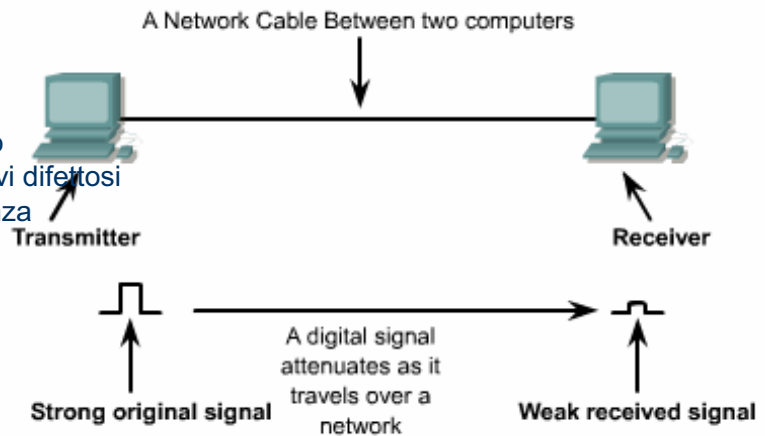


Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

4.2.2 - Attenuazione sui cavi in rame

- è la diminuzione del segnale in ampiezza lungo il collegamento (Link)
- viene accentuata dalla lunghezza del cavo e dalle alte frequenze
- si misura in dB con numeri negativi
- si perde altra energia del segnale a causa del cattivo isolamento del cavo o della resistenza che offre
- Cause :
 - lunghezza dei cavi
 - alte frequenze
 - resistenza del cavo stesso
 - impedenza causata da cavi difettosi
 - disadattamenti di impedenza



Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

4.2.2 – Impedenza e Discontinuità

Impedenza:

- è la misura della resistenza del cavo al flusso di corrente alternata (AC)
- si misura in Ohm
- Il Cavo UTP Cat5 ha un'impedenza caratteristica pari a 100 Ohm

Impedance Mismatch o Discontinuità:

- attenuazione in cui parte del segnale viene riflessa
- crea fenomeni di eco che si sommano al segnale rendendolo meno intelligibile in ricezione (Jitter)
- è causata da un connettore non installato correttamente perché si crea ha un'impedenza diversa rispetto a quella caratteristica del cavo
- vale sia per i cavi in rame che per quelli in fibra



Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

4.2.3 - Sorgenti di Rumore su cavi in rame

- **Crosstalk:**

- Riguarda la trasmissione di segnali tra cavi vicini: quando una corrente scorre su un filo, il campo magnetico generato da tale corrente genera una corrente indesiderata su un conduttore vicino.
- I cavi Twisted-pair sono studiati per sfruttare il Crosstalk in modo da minimizzare il rumore: i cavi sono attorcigliati a 2 a 2 in modo che ciascun cavo generi lo stesso crosstalk, e quindi lo stesso rumore replicato, facilmente filtrabile dal ricevitore
- Alien Crosstalk: quando è prodotta da segnali su cavi vicini ma separati
- Il fenomeno del crosstalk è tanto più distruttivo quanto le frequenze di trasmissione sono alte



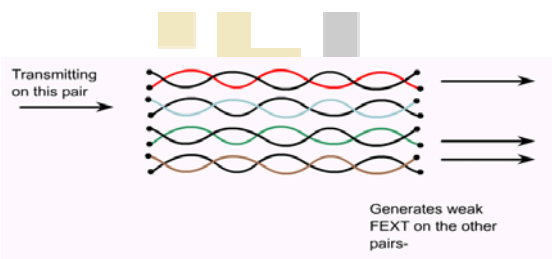
Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

4.2.4 - Tipi di Crosstalk

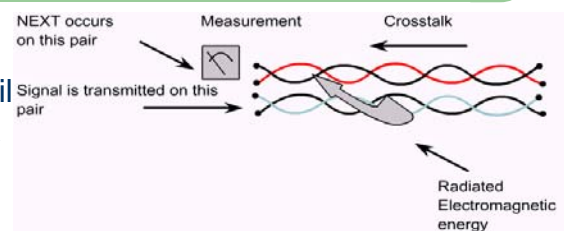
- **Near-end Crosstalk (NEXT):**

Percentuale di ampiezza di tensione tra il segnale di test ed il segnale di Crosstalk misurato allo stesso estremo del cavo



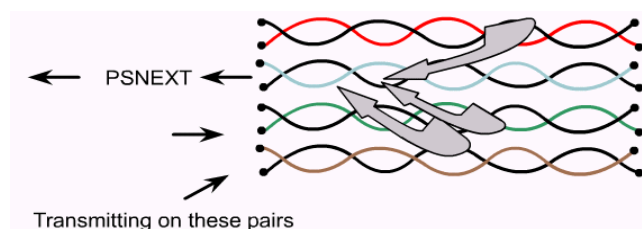
- **Power Sum Near-end Crosstalk (PSNEXT):**

Misura l'effetto complessivo del NEXT in tutte le coppie di fili del cavo



- **Far-end Crosstalk (FEXT):**

Rumore generato dalla Crosstalk che si produce fuori dal trasmettitore e dovuta all'attenuazione, e che continua a tornare, attenuato, verso la sorgente

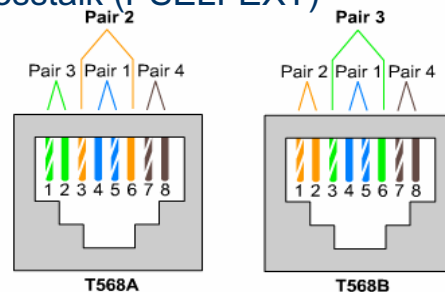


Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

4.2.5 - Standard per il Cable testing

- Gli standard TIE/EIA regolamentano l'uso di tecnologie per reti di telecomunicazioni ed elettroniche, in particolare per le specifiche dei cablaggi
- I principali parametri che devono essere testati su un collegamento in rame perché rispetti le specifiche TIA/EIA sono:
 - Wire map
 - Insertion loss
 - Near-end crosstalk (NEXT)
 - Power sum near-end crosstalk (PSNEXT)
 - Equal-level far-end crosstalk (ELFEXT)
 - Power sum equal-level far-end crosstalk (PSELFEXT)
 - Return loss
 - Propagation delay
 - Cable length
 - Delay skew



Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

4.2.6 - Altri parametri di test: Wire Map

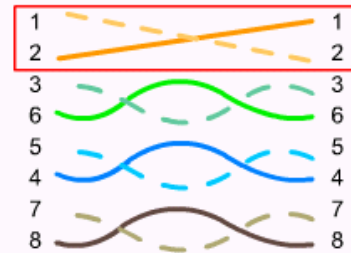
- **Wire Map:** consente di rivelare tanto la presenza di corto-circuiti o circuiti aperti sul collegamento quanto di errori di connessione:
 - **Reversed-pair Wiring Fault:** una coppia di fili è installata correttamente su un connettore ma in modo sbagliato sull'altro
 - **Split-pair Wiring Fault:** due fili provenienti da coppie diverse sono installati in modo errato
 - **Transposed-pair Wiring Fault:** una coppia di fili è installata in modo completamente sbagliato su entrambi i connettori



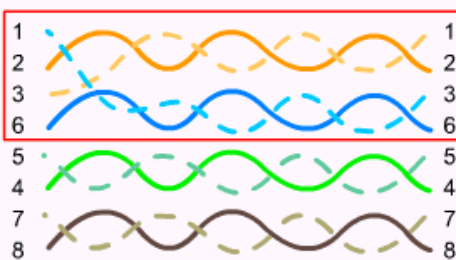
4.2.6 - Altri parametri di test: Wiring-fault



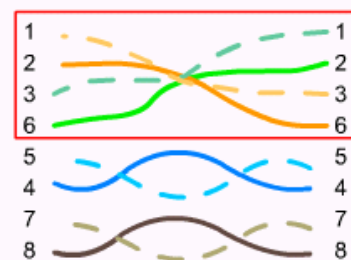
Correct T568B Wiring



Reversed-pair wiring fault



Split-pair Wiring Fault



Transposed-pair Wiring Fault



4.2.7 - Misure basate su parametri temporali

Insertion Loss:

- combinazione di attenuazione e discontinuità di impedenza
- Lo standard TIA/EIA richiede che i cavi ed i suoi connettori, prima di essere utilizzati in rete, superino un Test di Insertion Loss

Return loss:

- misure di disadattamento di impedenza

Propagation delay :

- misura base per valutare la lunghezza del cavo
- La specifica TIA/EIA-568-B-1 stabilisce che la lunghezza del cavo deve essere calcolata considerando, per ogni coppia di fili, il ritardo di propagazione minimo

Cable length :

- mediante misure TDR (Time Domain Reflectometry)

Delay skew :

- differenze tra i vari propagation delay associati alle varie coppie di fili

- Crosstalk is measured in four separate tests
- A cable tester measures NEXT by applying a test signal to one cable pair
- The equal-level far-end crosstalk (ELFEXT) test measures FEXT
- Power sum equal-level far-end crosstalk (PSELFEXT) is the combined effect of ELFEXT from all wire pairs



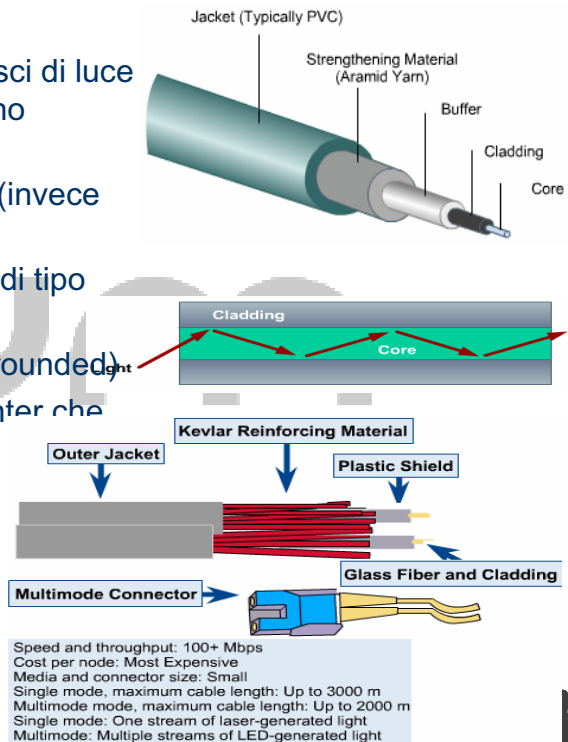
Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

4.2.8 - Segnali dati su cavi in Fibra Ottica

● Fibra Ottica:

- I dati vengono trasmessi attraverso fasci di luce opportunamente modulati: non vengono utilizzati impulsi elettrici
- Il cavo ha un cuore di vetro o plastica (invece che di rame)
- I cavi ottici non sono affetti da rumore di tipo elettrico
- Non è necessario metterli a massa (grounded)
- Spesso utilizzati per connessioni sia inter che intra-buildings (inter-floors)
- Pro: banda trasmissiva, integrità di segnale anche a grandi distanze
- Contro: connettori terminali difficoltosi da preparare e costosi



Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

4.2.8 - Segnali dati su cavi in Fibra Ottica

- Un collegamento in fibra ottica consiste di due cavi in fibra separati che trasportano il segnale ciascuno in una direzione.
- Ogni fibra è circondata da un involucro attraverso cui la luce non può fuoriuscire.
- Interferenza elettromagnetiche esterne o rumore NON hanno effetto sul cablaggio in fibra. L'attenuazione è presente ma in maniera molto ridotta rispetto al cablaggio in rame.
- I collegamenti in fibra sono soggetti all'equivalente ottico delle discontinuità d'impedenza dei cavi UTP. Quando la luce incontra una discontinuità, parte del segnale luminoso viene riflesso quindi solo una frazione del segnale originario prosegue fino al ricevitore. Questa 'dispersione' può causare difficoltà di ricezione per la riduzione di energia luminosa che raggiunge il ricevitore.
- Connettori installati impropriamente possono causare riflessione indesiderata e perdita di segnale nei collegamenti in fibra.
- Il rumore non costituisce un problema per la fibra ottica, il fattore base è l'intensità del segnale luminoso che arriva al ricevitore. Errori nella trasmissione dei dati possono verificarsi quando il segnale luminoso si attenua.
- Il test dei cavi in fibra consiste nel far viaggiare un segnale luminoso attraverso il mezzo misurando la quantità di luce che raggiunge il ricevente.



Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

4.2.9 - Enti certificatori e standard TIA/EIA

- **ISO:** International Standards Organization
- **IEEE:** Institute of Electrical and Electronic Engineers
- **TIA:** Telecommunications Industry Association
- **EIA:** Electronics Industry Association
- **UL:** Underwriters Laboratories
- **ANSI:** American National Standards Institute

Lo standard **TIA/EIA 568A** specifica caratteristiche e prestazioni di cavi e terminatori per il cablaggio orizzontale

- Esempio di cablaggi di rete:
 - 10BaseT: Cavo UTP Cat 3, 4, 5, 5e; Lunghezza massima dei segmenti: 100 m



Cap. 4 Cable Testing

4.2 Segnali e Rumore

4.2.9 - Standard TIA/EIA

- **TIA/EIA 568-B:** standard per i cavi per il cablaggio della rete di telecomunicazione negli edifici commerciali
- **TIA/EIA 569-B (o 568-A):** standard per la progettazione e realizzazione dei percorsi fisici per gli impianti di telecomunicazione negli edifici commerciali
- **TIA/EIA 570-A:** standard per il cablaggio residenziale
- **TIA/EIA 606:** standard per la specifica di aspetti amministrativi delle infrastrutture di telecomunicazione degli edifici commerciali
- **TIA/EIA 607:** standard per la specifica per la messa a massa ed a terra in sicurezza della rete di telecomunicazione negli edifici commerciali

