

## MODULAZIONE

- Tecnica che permette il trasporto della informazione, attraverso la modifica delle caratteristiche di una portante, normalmente costituita da un'onda a frequenza molto elevata rispetto a quella dell'informazione da trasportare.
- Il supporto più comune è un segnale sinusoidale a frequenza elevata (normalmente superiore alla decina di Mhz).
- La modulazione può essere classificata:
  - ✓ Analogico
  - ✓ Numerica (Digitale)

## MODULAZIONE DIGITALE O NUMERICA

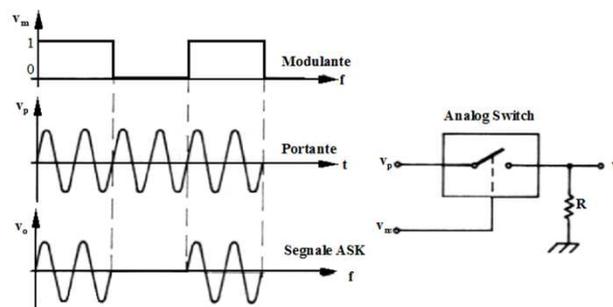
- Usata per la **trasmissione di dati digitali**, produce una modifica discreta di un parametro della portante.
- Il collegamento seriale tra due computer remoti o tra un computer e un terminale utilizzando come linea di comunicazione quella telefonica deve essere fatto utilizzando un dispositivo chiamato **MODEM (MODulatore DEModulatore)**
- Trasforma il segnale digitale proveniente da un dispositivo **DTE (Data Terminal Equipment)** in un segnale analogico con frequenze contenute in un canale telefonico la cui banda va da 300Hz a 3400Hz.
- Tra la linea telefonica e il dispositivo DTE ricevitore deve essere connesso un altro modem, che trasforma il segnale analogico proveniente dalla linea telefonica in segnale digitale perfettamente identico a quell'inviato dal DTE trasmettitore.
- Il modem, presenta al suo interno due canali distinti: il **canale modulatore** utilizzato nella trasmissione e il **canale demodulatore** utilizzato nella ricezione.

## CONTINUOUS WAVE MODULATION

- La **Modulazione** consiste nella modifica dello spettro di frequenza del segnale digitale attraverso la traslazione della banda di frequenza del segnale.
- La traslazione dello spettro si ottiene modulando un'onda sinusoidale a frequenza fissa detta **Portante** con il segnale digitale da trasmettere.
- Sono state sviluppate diverse tecniche di modulazione. Le più semplici sono:
  - ✓ **Modulazione di Frequenza (FSK: Frequency Shift Keying)**
  - ✓ **Modulazione di Fase (PSK: Phase Shift Keying)**
  - ✓ **Modulazione di Ampiezza (ASK: Amplitude Shift Keying)**
  - ✓ **Modulazione mista (QAM: Quadrature Amplitude Modulation)**

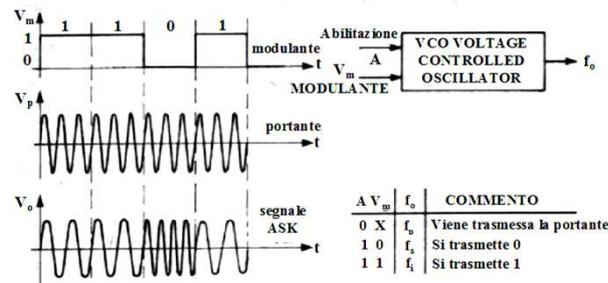
## MODULAZIONE DI AMPIEZZA (ASK: Amplitude Shift Keying)

- Si associano alla portante due ampiezze differenti: una per rappresentare lo 0 e l'altra per rappresentare l'1.
- In figura sono mostrate le forme d'onda per la modulazione ASK digitale in cui, associamo al livello alto la presenza della portante e a quello basso il segnale nullo, denominata **OOK (On Off Keying)**.



## MODULAZIONE DI FREQUENZA (FSK: Frequency Shift Keying)

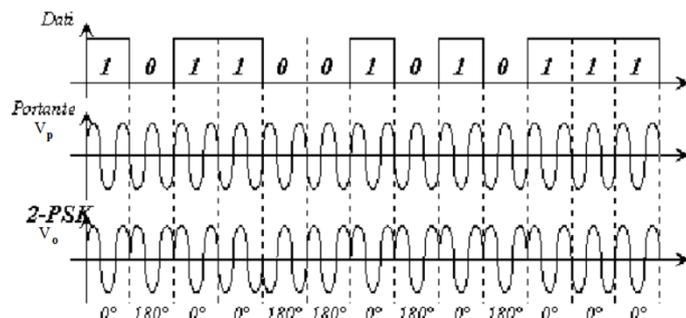
- Assegnare al livello logico 0 e 1 dell'informazione da trasmettere due valori distinti di frequenze  $f_s$  e  $f_i$  simmetrici rispetto al valore  $f_p$  della portante, come mostrato nel diagramma di temporizzazione:



- Nella stessa figura è anche riportato l'elemento base di un modulatore FSK cioè VCO (Oscillatore Controllato Da Una Tensione).

## MODULAZIONE DI FASE PSK (Phase Shift Keying)

- Viene modificata la fase della portante in corrispondenza dello stato logico 0 e 1 del segnale modulante.
- Per facilitare il processo di demodulazione al ricevitore, le fasi sono scelte le più possibili distanti tra loro. In particolare per  $V_m=1$  si lascia la fase della portante inalterata (fase=0°) mentre per  $V_m=0$  si produce un'inversione di fase (fase=180°).



## QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

- Utilizza la modulazione in fase ed in ampiezza per trasmettere.
- Un segnale non modulato esibisce solo due possibili stadi permettendo così di trasmettere o zero o uno.
- E' possibile trasmettere molti più bit per stato. Questo schema usa un segnale che può essere sintetizzato sommando i segnali seno e coseno modulati in ampiezza.
- Combinando modulazione d'ampiezza e di fase di un segnale portante, possiamo incrementare il numero di stati e di conseguenza trasmettere molti bit per ogni cambiamento di stato.

## METODI DI CONTROLLO PER L'ACCESSO AL MEZZO

- Un link, ad un certo livello di astrazione, può essere visto come un tubo attraverso il quale possono essere trasmessi un certo numero bit al secondo.
- Il numero massimo di bit al secondo che possono essere trasmessi su un link è detto "**Capacità Del Link**".
- La capacità di un link dipende dalle caratteristiche fisiche del link, e dalle interfacce con i nodi della rete che il link connette.
- Un link può ospitare più sessioni o, più in generale, più flussi d'informazione utilizzando una **Tecnica Di Multiplexing**.

## METODI PER CANALE CON FILO

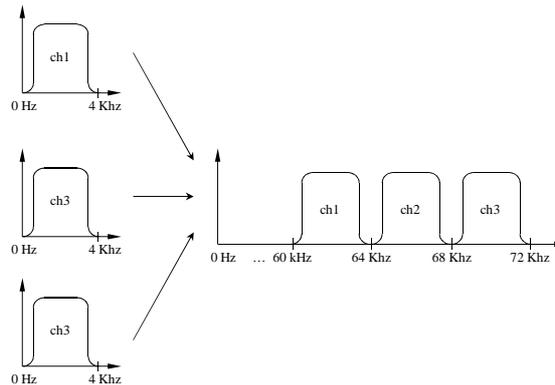
- **Frequency Division Multiplexing (FDM)**
- **Time Division Multiplexing (TDM)**
- **Wavelength Division Multiplexing (WDM)**

## FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (FDM) (1/3)

- Il link è suddiviso in tanti sottolink quanti sono i flussi che devono essere ospitati da quel link.
- Tutti i sottolink avranno uguale capacità e la somma delle capacità dei sottolink sarà pari alla capacità del link.
- Ciò è ottenuto dividendo la banda del link in tante bande d'uguale ampiezza quanti sono i flussi utente. In tal modo, se  $C$  bit/sec è la capacità di un link che utilizza il FDM,  $L$  bit è la lunghezza di un pacchetto che deve essere trasmesso attraverso esso e  $m$  è il numero di flussi che devono essere ospitati dal link allora  $L \cdot m / C$  sec è il tempo di trasmissione della stringa.

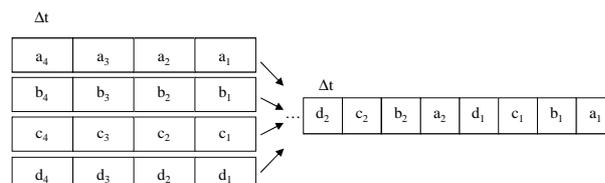
## FDM (2/3)

- Esempio:** più canali telefonici (ciascuno avente la banda di 3 KHz) vengono multiplexati allocando a ciascuno di essi una banda di 4 KHz, per avere un margine di 500 Hz di sicurezza su ciascun lato della banda. Ogni canale telefonico è innalzato in frequenza fino ad occupare la banda assegnatagli.



## TIME DIVISION MULTIPLEXING (TDM) (1/2)

- Il link è utilizzato, a turno secondo un ordine prestabilito, da ciascun flusso che deve essere ospitato da quel link.
- Ogni flusso utilizza il link per un determinato intervallo di tempo (slot), che di solito è misurato in bit. Quindi, se  $C$  bit/sec è la capacità di un link che utilizza il FDM,  $L$  bit è la lunghezza di un pacchetto che deve essere trasmesso attraverso esso e  $m$  è il numero di flussi che devono essere ospitati dal link allora  $Lm/C$  sec è il tempo di trasmissione della stringa.
- TDM invece è ideale per la gestione di dati in forma digitale. L'idea è semplice: i bit provenienti da diverse connessioni vengono prelevati a turno da ciascuna di esse ed inviati su un'unica connessione ad alta velocità:



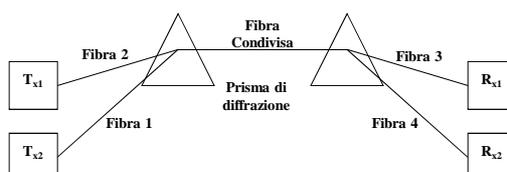
## TDM (2/2)

- Non esiste uno standard internazionale per il TDM:
  - ✓ In America ed in Giappone è diffuso il **T1 Carrier**, costituito da 24 canali; ogni canale trasferisce 7 bit di dati (per la voce) e 1 bit di controllo ogni 125 microsecondi, per cui si hanno 56.000 bps di dati e 8.000 bps di controllo. Un **frame T1** consiste di 192 bit (più uno di framing) ogni 125 microsecondi, (velocità 1.544 Mbps).
  - ✓ In Europa è diffuso **E1 Carrier** (CCITT), costituito da 32 canali con valori ad 8 bit (2.048 Mbps), 30 per i dati e 2 per il controllo.

Carrier	Caratteristiche	Velocità
<b>T2</b>	4 canali T1	6.312 Mbps
<b>T3</b>	6 canali T2	44.736 Mbps
<b>T4</b>	7 canali T3	274.176 Mbps
<b>E2</b>	4 canali E1	8.848 Mbps
<b>E3</b>	4 canali E2	34.304 Mbps
<b>E4</b>	4 canali E3	139.264 Mbps
<b>E5</b>	4 canali E4	565.148 Mbps

## WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING (WDM)

- Trasmissione simultanea di luce da più laser con differenti lunghezze d'onda su singola linea a fibra ottica. Le sorgenti dei dati trasmettono le lunghezze d'onda di luce in un multiplexer, che le consolida per trasmissione su una singola linea. Il WDM suddivide lo spettro ottico in canali, ciascuno dei quali presenta una differente lunghezza d'onda.
- Amplificatori ottici, di norma installati su distanze di decine di chilometri, amplificano contemporaneamente tutte le lunghezze d'onda.
- Infine i segnali arrivano ad un demultiplexer, dove sono separati e inviati a ricevitori sui punti di destinazione. Esistono: filtri di fibra ottica, che trasmettono selettivamente o bloccano uno specifico intervallo di lunghezza d'onda, e transponder, che operano come sistemi di trasmissione / ricezione.



## WDM: CARATTERISTICHE

- Aumenta la larghezza di banda senza necessità di installare nuova fibra.
- Permette di contenere i costi, perché si può consolidare più traffico su una singola linea e perché la possibilità di mantenere il traffico su canali separati rappresenta un vantaggio dal punto di vista delle prestazioni.
- Determinare segnali a velocità diverse sulla medesima fibra è un'altra potenziale applicazione.
- Trasmissione su base totalmente ottica, che elimina la necessità di meno efficienti conversioni da ottico ad elettrico.
- Carezza nella gestione della rete e nel supporto operativo WDM.
- Quando il WDM è incorporato in un sistema a fibra ottica esistente, può presentarsi la necessità di acquisire o sostituire determinati componenti della rete.
- Numerosi amplificatori richiesti per le connessioni su lunghe distanze e il maggior rischio di degrado delle prestazioni.

## FADING

- Fenomeno della riflessione che può provocare degli improvvisi e momentanei affievolimenti del segnale ricevuto
- Possono essere di diversi tipi:
  - ✓ **Fading lento:** dovuto alla presenza di grossi ostacoli (colline o grossi edifici) che creano delle zone d'ombra.
  - ✓ **Fading veloce:** dovuto alla presenza di numerose superfici riflettenti che fanno giungere all'antenna ricevente numerosi segnali, tutti con fasi diverse. Quando questi sono in opposizione di fase determinano un fading profondo.
  - ✓ **Fading di Rice:** quando all'antenna giunge un segnale diretto (l'antenna trasmittente è in visibilità ottica) e diversi segnali riflessi.

## RIDUZIONE DEL FADING

- **Diversità nello spazio (Antenna diversity):** si utilizzano due antenne riceventi, poste a qualche lunghezza d'onda di distanza. Dato che i segnali ricevuti dalle due antenne compiono percorsi diversi è meno probabile che entrambe sia affette contemporaneamente da fading.
- **Diversità di frequenza (Frequency diversity):** si trasmette lo stesso segnale a frequenze diverse; infatti, se una frequenza è soggetta a fading, ad un'altra frequenza essa non si verifica (cambiando le fasi). **E' anche nota come frequency hopping.**