

I.I.S. "CATTANEO - DALL'AGLIO"

Via G. Impastato, 3 – 42035 CASTELNOVO NE' MONTI (RE)

SEZIONE ITI INFORMATICA E TELECOMUNICAZIONI ARTICOLAZIONE TELECOMUNICAZIONI

ANNO SCOLASTICO 2020/2021 PROGRAMMA EFFETTIVAMENTE SVOLTO

Docenti:	proff. Gianluca Valla – Michael Zini
Classe:	5. G
Materia d'insegnamento:	Telecomunicazioni

Onde elettromagnetiche. Ripasso sulla teoria elettromagnetica di Maxwell, concetto di onda elettromagnetica e velocità delle onde nei vari mezzi, esercizi a riguardo. Propagazione delle onde elettromagnetiche, espressione del campo in un mezzo ideale e con perdite. Concetto di costante e di velocità di fase, di fronte d'onda e di densità di potenza del campo elettromagnetico, vettore di Poynting, esercizi a riguardo. Ottica geometrica applicata alla propagazione elettromagnetica e sue ragioni d'uso: onda piana incidente normalmente ed obliquamente sia su un condensatore piano che su un dielettrico, leggi della riflessione e di Snell, concetto di angolo limite, principio della riflessione totale, esercizi a riguardo.

Propagazione guidata. Concetto di linea di trasmissione, classificazione dei modi di propagazione in una linea di trasmissione e fenomeni fisici di propagazione. Modello elettrico di una linea di trasmissione, costanti primarie e secondarie di una linea di trasmissione e sua struttura a celle distribuite. Cenni all'espressione della corrente e della tensione in una linea di trasmissione, espressione dell'impedenza caratteristica della linea. Linee di lunghezza infinita: regime progressivo ed equazioni dei telefonisti, esercizi a riguardo. Linee ideali e di lunghezza finita chiuse su un carico qualsiasi, regime regressivo e stazionario, espressioni della corrente, della tensione e dell'impedenza in un punto qualsiasi della linea, esercizi a riguardo. Coefficiente di riflessione sul carico e in un punto qualunque della linea, esercizi a riguardo. Impedenza in un punto qualsiasi della linea, esercizi a riguardo. Regime stazionario: concetto di nodo e ventre e loro distanza dal carico, esercizi a riguardo. Rapporto d'onda stazionaria, esercizi a riguardo. Illustrazione della carta di Smith e determinazione su di essa dei principali parametri delle linee di trasmissione, esercizi a riguardo. Concetto di adattamento di impedenza e tecniche di adattamento, sia con trasformatore in quarto d'onda che con *stub*, esercizi a riguardo. Concetto di guida d'onda e cenni alla fenomenologia della propagazione al suo interno. Concetto di lunghezza d'onda critica ed interna alla guida, sia nelle guide rettangolari che in quelle circolari, esercizi a riguardo. Classificazione dei modi fondamentali di propagazione, sia nelle guide rettangolari che in quelle circolari. Dimensionamento delle guide e banda fondamentale, esercizi a riguardo. Coefficiente modale delle guide circolari. Analogia tra linee di trasmissione e guide d'onda: caso di guide in corto circuito, con discontinuità e con carico, coefficiente di riflessione, esercizi a riguardo. Determinazione dell'impedenza caratteristica nelle guide, sia per modi TE che TM, esercizi a riguardo. Ripasso sulla genesi fisica e sulle caratteristiche fondamentali dei segnali ottici, anche dal punto di vista spettrale. Struttura fisica, classificazione ed impieghi vari delle fibre ottiche, propagazione di un

segnale all'interno di una fibra ottica, concetto di angolo di accettazione e di apertura numerica, esercizi a riguardo. Parametri caratteristici delle fibre ottiche. Dispersione modale e cromatica di una fibra ottica e loro effetto su di un segnale in ingresso, *V-number*, coefficienti e quantificazione temporale e di banda delle due dispersioni, esercizi a riguardo. Banda e dispersione totale, capacità trasmissiva di una fibra ottica. Attenuazione intrinseca e dovuta alle connessioni, cause fisiche ed effetti su di un segnale in ingresso, perdite per assorbimento e *scattering*. Quantificazione totale delle perdite in una fibra ottica, esercizi a riguardo. Cenni ai cavi ottici ed alla standardizzazione di una fibra ottica. Struttura di un generico sistema di trasmissione e ricezione ottica. Sorgenti ottiche: diodi LED e LASER, caratteristiche fisiche e loro utilizzo pratico. Fotodiodi PIN ed APD: caratteristiche fisiche e loro utilizzo pratico, esercizi a riguardo.

Antenne. Concetto di antenna e principali proprietà, radiatore e ricevitore isotropo. Diagrammi di radiazione e sue proprietà, angolo di apertura del fascio. Parametri delle antenne trasmettenti: direttività, guadagno, efficienza, resistenza di radiazione e ohmica. Esercizi a riguardo. Dipolo hertziano, ripiegato e marconiano: principio di funzionamento, frequenza di risonanza, armoniche varie, parametri fondamentali e diagramma di radiazione. Esercizi a riguardo. Cenni alla larghezza di banda di un'antenna. Antenne riceventi: concetto di lunghezza efficace, di potenza massima assorbita e di area efficace, esercizi a riguardo. Allineamento collineare e parallelo di dipoli, sia sfasati che in fase. Schiere di antenne Yagi e cortine di dipoli. Esercizi a riguardo. Superficie riflettente. Cenni alle antenne a diedro ed a elica. Antenne a paraboloide, esercizi a riguardo. Cenni alle antenne a tromba ed *horn reflector*. Principio di funzionamento delle antenne Cassegrain.

Ripasso basi. Ripasso generale sui concetti di sistema, telecomunicazioni e sistema di telecomunicazioni, di segnale, segnale analogico e digitale, di rumore e di canale. Concetto di potenza e di energia, di valore medio ed efficace, di durata e di banda di un segnale. Rassegna dei principali segnali deterministici usati nelle telecomunicazioni e loro proprietà. Esercizi a riguardo. Ripasso sul concetto di spettro di ampiezza e di trasformata ed antitrasformata di Fourier, sui principali e proprietà delle trasformate di Fourier. Ripasso sullo sviluppo in serie di Fourier per segnali periodici.

Teoria dell'informazione. Concetto di probabilità e di valor medio di un evento casuale, di informazione di una sorgente, di entropia e ridondanza di sorgente, esercizi a riguardo. Concetto e classificazione di codifica, lunghezza di codice e sua eventuale compressione. Codifica di sorgente, di canale e cenni alla codifica di linea, trasmissione multilivello, concetto di *bit rate* e di *symbol rate*, concetto di capacità di canale, relazione di Shannon, esercizi a riguardo. Codifica ARQ nei suoi vari sottotipi e FEC, cenni al controllo di parità, teoria ed esercizi a riguardo.

Trasmissione numerica. Trasmissione in banda base e sue problematiche principali. Caratteristiche del canale in trasmissione ed equalizzazione. Concetto di interferenza intersimbolica (ISI) e velocità di segnalazione, filtri a coseno rialzato e concetto di *roll-off*. Criterio di Nyquist. Codifica di linea e trasmissione multilivello per comunicazioni digitali, formati vari di codifica sia interna (NRZ, RZ) che esterna (AMI, HDB3, Manchester), esercizi a riguardo. Principio di funzionamento di un generico ricevitore numerico, curve BER e diagramma ad occhio per la determinazione delle prestazioni. Cenni al concetto di *jitter*.

Modulazione numerica. Classificazione generale della modulazione digitale, concetto di modulazione lineare e non. Modulazione digitale di ampiezza (ASK), concetti generali e determinazione del segnale modulato, anche in caso di OOK, esercizi a riguardo. Modulatori e demodulatori ASK e OOK, sia coerenti che incoerenti, e determinazione della probabilità d'errore

sul bit, esercizi a riguardo. Modulazione digitale di fase (PSK), concetti generali e determinazione del segnale modulato. Modulazione PSK binaria, quaternaria e ad M livelli. Concetto di costellazione e principali problematiche di ricezione. Modulatori e demodulatori per PSK binaria e quaternaria coerenti e determinazione della probabilità d'errore sul bit, esercizi a riguardo. Cenni alla modulazione di fase differenziale. Modulazione QAM ed APSK a 16, 64 e 256 e più livelli, concetti generali, cenni alle strutture di modulazione e demodulazione. Modulazione digitale di frequenza (FSK), determinazione del segnale modulato, esercizi a riguardo. Cenni ai modulatori e ai demodulatori FSK, determinazione della probabilità d'errore sul bit, esercizi a riguardo.

Rumore nei sistemi di telecomunicazione. Concetto e classificazione dei vari tipi di rumore. Il rumore termico: tensione efficace, potenza disponibile e densità di potenza del rumore termico, banda equivalente di rumore, esercizi a riguardo. Temperatura equivalente, cifra di rumore e formule di Friis, esercizi a riguardo. Rumori esterni, temperatura equivalente di antenna, esercizi a riguardo.

Ponti radio. Concetto generale di ponte radio e suoi principali componenti fisici, architettura di trasmissione e ricezione. Propagazione delle microonde. Ponti radio terrestri: attenuazione dello spazio libero e formula di Friis del collegamento nello spazio libero, esercizi a riguardo. Trasmissioni reali: ellissoide di Fresnel, effetto della curvatura terrestre, della troposfera e del fading, con relativo margine. Collegamenti via satellite: definizioni e terminologie generali. Concetto di transponder, sia ripetitore che rigeneratore. Calcolo di un collegamento via satellite, esercizi a riguardo. Cenni alle tecniche di accesso multiplo, sia in frequenza (FDMA) che nel tempo (TDMA) che nello spazio (SDMA).

Esercitazioni di laboratorio: ripasso sull'uso della strumentazione di laboratorio ed illustrazione dei parametri fondamentali dei segnali campione. Rilevazione, sia tramite collaudo su *bread-board* che utilizzando pacchetti software opportuni, delle caratteristiche fondamentali delle principali forme di modulazione analogica e digitale, anche in presenza di rumore. Misurazione di alcune grandezze caratteristiche dei principali componenti di un sistema di telecomunicazioni.

Castelnovo ne' Monti, 05/06/2021

I Docenti

Rappresentanti degli Studenti