

# 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

**Docente:** proff. Gianluca Valla – Michael Zini  
**Classe:** 4. G  
**Materia d'insegnamento:** Telecomunicazioni

**Diodi e circuiti analogici con diodi:** materiali isolanti, conduttori e semiconduttori. Semiconduttori intrinseci e drogati. Concetto di giunzione *pn* e di polarizzazione diretta ed inversa. Cenni ai fenomeni di conduzione inversa in una giunzione *pn*: moltiplicazione a valanga ed effetto Zener. Cenni all'influenza della temperatura sulla giunzione. Modelli equivalenti del diodo e loro significato fisico, esercizi a riguardo. Cenni alle equazioni matematiche del diodo e modelli grafici di analisi di circuiti con diodi. Regione di svuotamento e di *breakdown*, tensione di soglia nei diodi e loro significato fisico. Cenni al modello grafico per la determinazione del punto di equilibrio. Circuiti con diodi: limitatori superiori, inferiori e doppi, raddrizzatori a singola e doppia semionda, anche con carico capacitivo. Teoria sul funzionamento ed esercizi a riguardo. Circuiti fissatori, sia positivi che negativi, esercizi a riguardo. Diodi Zener: caratteristica elettrica, principio di funzionamento, modelli equivalenti e parametri caratteristici. Circuiti con diodi Zener: alimentatori stabilizzati di tensione, esercizi a riguardo. Cenni ai diodi LED e *varicap*.

**Transistori BJT:** cenni al funzionamento fisico del transistor bipolare, illustrazione delle varie zone di funzionamento. Modelli equivalenti del transistor bipolare, esercizi a riguardo. Curve caratteristiche dei transistori bipolari. Cenni al modello grafico per la determinazione del punto di equilibrio. Concetto di polarizzazione e stabilizzazione con le principali soluzioni circuitali, esercizi a riguardo, sia di analisi che di progetto.

**Amplificazione:** concetto di amplificazione e di attenuazione, sia in tensione che di corrente, esercizi a riguardo. Impedenze d'ingresso e d'uscita, esercizi a riguardo. Il transistor bipolare come amplificatore, distorsione in un transistor BJT: illustrazione per via grafica, esercizi a riguardo. Modello equivalente del transistor bipolare per piccoli segnali a parametri ibridi. Criteri di analisi e di progetto degli amplificatori a transistori bipolari. Connessione dei transistori bipolari ad emettitore comune, sia con resistenza di emettitore che senza, esercizi sia di analisi che di progetto. Cenni alla connessione a base ed emettitore comune e confronto fra le varie connessioni. Concetto di amplificatore ideale e reale, problematiche connesse. Amplificatori di potenza: concetto di rendimento di conversione e di angolo di circolazione. Amplificatori di potenza di classe A, B, AB e C, caratteristiche fondamentali e schemi circuitali. Concetto di distorsione d'incrocio e relative soluzioni.

**Transistori ad effetto di campo:** concetto di transistor ad effetto di campo e sua struttura interna limitatamente ai dispositivi MOSFET. Principio di funzionamento ed illustrazione delle varie zone di funzionamento. Curve caratteristiche dei transistori MOSFET. Concetto di polarizzazione e stabilizzazione per transistori MOSFET con soluzioni circuitali, esercizi a riguardo. Concetto di amplificazione per transistori MOSFET e modello equivalente del transistor MOSFET per piccoli segnali, esercizi a riguardo. Connessione dei transistori MOSFET a source comune, sia con resistenza di *drain* che senza, esercizi a riguardo. Connessioni multistadio, cenni alle configurazioni *Darlington* e *cascode*.

**Amplificatori operazionali:** definizione, struttura e modello generale di un amplificatore operazionale. Caratteristiche generali di un amplificatore operazionale ideale e loro conseguenze sul funzionamento. Concetto di retroazione negativa applicato agli amplificatori operazionali. Applicazioni lineari degli amplificatori operazionali: amplificatori invertenti e non invertenti, sommatore invertente, inseguitori di tensione e differenziali, esercizi a riguardo. Cenni agli schemi integratori e derivatori. Applicazioni non lineari dell'amplificatore operazionale: comparatori invertenti e non, trigger di Schmitt con soglie duali e non, esercizi a riguardo.

**Oscillatori e generatori fondamentali:** concetto di retroazione, sia positiva che negativa, e di retroazione diretta. Generatori di onde quadre e triangolari realizzati con oscillatori, teoria, schema circuitale e principio di funzionamento, esercizi a riguardo. Utilizzo della retroazione positiva per ottenere circuiti oscillatori. Condizioni di innesco degli oscillatori, condizioni di Barkhausen. Classificazione generale degli oscillatori sinusoidali. Oscillatori per basse frequenze: circuiti a ponte di Wien ed a sfasamento, esercizi a riguardo. Oscillatori per alte frequenze: circuiti di Colpitts ed Hartley, esercizi a riguardo.

**Filtri:** definizione e classificazione dei filtri. Differenza fra filtri attivi e passivi. Definizione di funzione di trasferimento, di frequenza di taglio, di ordine di un filtro e di banda passante ed attenuata. Cenni ai diagrammi di Bode. Strutture circuitali dei filtri passivi, esercizi sia di analisi che di progetto. Filtri attivi ottenuti a partire da quelli passivi, esercizi sia di analisi che di progetto. Cenni alle strutture dei filtri attivi del primo ordine.

**Introduzione alle telecomunicazioni.** 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 un segnale. Concetto di spettro di ampiezza e di trasformata ed antitrasformata di Fourier, teoria ed esercizi a riguardo. Problema reale ed immagine, soluzione reale ed immagine. Principali teoremi e proprietà delle trasformate di Fourier, esempi notevoli, esercizi a riguardo. Sviluppo in serie di Fourier per semplici segnali periodici, esercizi a riguardo. Teorema di Parseval e calcolo della potenza di un segnale periodico utilizzando spettri di ampiezza, esercizi a riguardo.

**Modulazione analogica.** Concetto di trasmissione e ricezione in banda base e in banda traslata, di modulazione e demodulazione, analogica e numerica, di segnale modulante, modulato e di portante. Classificazione generale della modulazione e della modulazione analogica. Modulazione di ampiezza (AM), concetti generali e caso di segnale modulante sinusoidale, sia nel tempo che in frequenza. Segnale modulato e spettro di ampiezza in caso di segnale modulante qualsiasi. Rassegna dei vari sottotipi di modulazione AM: a banda laterale doppia con portante soppressa, a banda laterale singola, sia superiore che inferiore; cenni alla banda vestigiale. Esercizi a riguardo. Potenza del segnale modulante, del segnale modulato e della portante AM in tutti i sottocasi possibili, esercizi a riguardo. Struttura e funzionamento dei principali modulatori AM: tradizionali, bilanciati ed a sfasamento. Demodulatori AM: rivelatori d'involuppo, demodulatori quadratici, per segnali a portante soppressa ed a banda laterale singola. Modulazione di frequenza (FM): segnale

modulato, sia nel tempo che in frequenza, in caso di segnale modulante sinusoidale, concetto di funzione di Bessel. Cenni al caso di segnale modulato con segnale modulante qualsiasi. Regola di Carson, esercizi a riguardo. Cenni alla modulazione di fase (PM). Modulatori angolari diretti ed indiretti. Cenni alla trasmissione e ricezione FDM. Cenni al funzionamento del PLL applicato alla ricezione FM e PM. Radiotrasmittitori AM ed FM a basso ed alto livello. Concetto di trasmettitore e di ricevitore omodina, eterodina e supereterodina, schemi e parametri standardizzati AM ed FM. Concetto di frequenza immagine, esercizi a riguardo.

**Esercitazioni di laboratorio:** ripasso sull'uso della strumentazione di laboratorio ed illustrazione dei parametri fondamentali dei segnali campione. Realizzazione e collaudo su *bread-board* di filtri passivi ed attivi. Rilievo della curva caratteristica del diodo. Realizzazione e collaudo su *bread-board* dei principali circuiti facenti uso di diodi, sia classici che Zener. Misurazione delle caratteristiche fondamentali dei circuiti a transistor BJT. Realizzazione e collaudo, sia su *bread-board* che utilizzando pacchetti software opportuni, dei principali circuiti facenti uso di amplificatori operazionali in configurazione lineare.

Castelnovo ne' Monti, 05/06/2021

I Docenti

I Rappresentanti degli Studenti