

# GUIDA ALL'ESAME PER RADIOAMATORE

## ELETTROTECNICA

- circuito aperto
  - circuito elettrico dove **non scorre** corrente
  - può essere creato a seguito della bruciatura di un fusibile
- corto circuito
  - circuito dove **scorre (assorbe) troppa** corrente
- Corrente elettrica (I):
  - flusso di **elettroni** che attraversano un conduttore viaggiando da carica negativa verso carica positiva
    - \* Unità di misura dell'intensità di corrente è l'AMPERE (1 coulomb x secondo)
  - corrente continua (DC)
    - \* corrente che scorre solo in un verso
    - \* un flusso di elettroni **unidirezionale** e di intensità **costante**
  - corrente alternata (AC)
    - \* un flusso di elettroni **bidirezionale** e di intensità **variabile**
    - \* valore efficace (RMS):
      - valore di tensione alternata che corrisponde ad un valore di tensione continua necessario per produrre lo stesso riscaldamento in un **carico puramente resistivo**
      - circa il 70% del valore **massimo** della tensione
      - $V_{\text{rms}} = 0.707 V_{\text{max}}$
      - $V_{\text{max}} = 1,41 V_{\text{rms}}$
      - radice quadrata della media dei quadrati (root mean square)
    - \* valore picco - picco: differenza tra il valore massimo ed il valore minimo assunto nel periodo
    - \* frequenza: numero di **volte al secondo** in cui una corrente alternata **inverte** la propria direzione
- Carica Elettrica (Q)
  - misurata in Coulomb
- Tensione (V)
  - differenza di potenziale, la pressione esercitata su un elettrone per muoverlo
  - misurata in volt (V)
    - \* unità di forza elettromotrice
  - Intensità di campo elettrico:
    - \* differenza di potenziale elettrico presente tra due punti **distanti 1 metro fra di loro**
    - \* misurata in Volt per metro (V/m)
- legge di Ohm:
  - esprime la relazione fra la **tensione (V)**, la **resistenza (R)** (o **impedenza (Z)**) e la **corrente (A)** in un circuito
  - $V = I * R$  (o  $Z$ ) {**Viva Il Re**}
  - $R = V / I$
- legge di KIRCHHOFF:
  - In un circuito composto da un generatore e da diversi rami resistivi in parallelo la corrente totale è uguale alla somma delle correnti nei vari rami
- Potenza
  - grandezza che esprime la *velocità* con cui viene impiegata l'energia elettrica
  - $P = I * V$
  - $P = I^2 * R$
- Frequenza:
  - Unità di misura Hertz (Hz)

- Lunghezza d'onda:
  - \* distanza percorsa da un'onda elettromagnetica in un ciclo *completo*
  - \*  $L \text{ (metri/LAMBDA)} = 300.000.000(C) / \text{frequenza (Hz)}$
  - \*  $L \text{ (metri)} = 300(C) / \text{frequenza (Mhz)}$  (es.  $300/14\text{Mhz} = 21,42\text{M}$  )
- Se si **raddoppia** la frequenza, la corrispondente lunghezza d'onda si **dimezza**
- periodo = il tempo che intercorre tra due valori massimi
- pulsazione omega:  $\text{Lambda} = 2 * \text{Pgreco} * f$
- effetto pelle: il segnale a radiofrequenza scorre essenzialmente sulla superficie del conduttore
- L di 400m =  $300/400 = 0.75\text{Mhz} = 750\text{khz} = \text{Onda media}$
- 850Mhz = UHF
- Batterie:
  - converte energia chimica in energia elettrica
    - \* generatori in **serie**: un unico generatore il cui valore di tensione è la **somma** dei due (es.  $2 \times 5\text{V} = 10\text{V}$ )
    - \* generatori in **parallelo**: unico generatore con stessa tensione ma **doppia erogazione** (Ah)
  - La portata (capacità di erogazione) viene misurata in ampere/ora (Ah)
    - \* es. 10 Ah = 1A per 10 ore
  - generatore reale: un generatore ideale con in serie una resistenza interna

## RESISTENZA - CONDENSATORE - INDUTTORE

- Resistore (R):
  - resistenza
    - \* la tendenza di un corpo ad opporsi al passaggio di una corrente elettrica
    - \* misurata in Ohm (symbol)
  - 1 Ohm = La **resistenza** di un circuito in cui scorre una corrente di **1 A** quando la tensione applicata è **1 V**
  - Si **oppone** al flusso di elettroni
  - Controlla l'intensità della corrente prodotta da una tensione
    - \* fissa la corrente e la tensione desiderate in un certo punto di un circuito
  - dissipa **calore**
  - Il valore di resistenza di un resistore a filo varia secondo la temperatura
  - resistore variabile: Varia la propria resistenza secondo la posizione di un contatto strisciante
  - in serie:  $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + R_3$
  - in parallelo:  $1 / R_{\text{tot}} = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 = (R_1 * R_2) / (R_1 + R_2)$ 
    - \* se  $R_1 == R_2$ :  $R_{\text{tot}} = R_1 / 2$
  - coefficiente di temperatura
    - \* Indica la variazione del proprio valore nominale al **variare della temperatura**
    - \* percentuale di cui varia di valore la resistenza quando al temperatura varia di 1 grado
  - resistenza specifica (resistività elettrica)
    - \* l'attitudine di un materiale ad opporre resistenza al passaggio delle cariche elettriche
    - \* si misura in Ohm/metro
- Condensatore (C)
  - capacità
    - \* capacità di immagazzinare energia in un campo **elettrico**
    - \* misurata in farad (F)
  - accumula energia sotto forma di campo elettrico (cariche elettriche)
  - Immagazzina energia **elettrostatica** opponendosi alle variazioni di **tensione**
  - Due o più piastre conduttive separate da strati di materiale isolante
    - \* determinata dal materiale fra le piastre, la superficie della piastra, il numero di piastre e la distanza fra le piastre.
    - \* **Aumenta** aumentando la superficie delle piastre
    - \* **Diminuisce** aumentando la spaziatura fra le piastre
  - variabile: due gruppi di piastre conduttive, separate da un isolante la cui superficie affacciata può essere variata
  - condensatore elettrolitico: usato nella sezione di filtro degli alimentatori
  - **blocca** il flusso della corrente **continua** e **lascia passare** la corrente **alternata**
  - in serie:  $C_{\text{tot}} = (C_1 * C_2) / (C_1 + C_2)$
  - in parallelo:  $C_{\text{tot}} = C_1 + C_2$
  - reattanza **capacitiva**:

- \*  $X_C = 1 / (6,28 * f_{Hz} * C_F)$
- \* aumenta al **diminuire** della frequenza
- \* si **oppone** al flusso della corrente alternata
- costante di tempo di un circuito RC
  - \* il tempo impiegato dal condensatore per caricarsi fino al **63%** della **tensione** di alimentazione
  - \*  $T_{sec} = R_{Ohm} * C_{farad}$
  - \* due costanti di tempo = 86,5%
- Induttore (L):
  - una bobina di filo di rame avvolta su una bacchetta di ferrite
  - induttanza
    - \* capacità di immagazzinare energia in un campo **magnetico**
    - \* misurata in henry (H)
    - \* immagazzina energia elettromagnetica (campo magnetico) **opponendosi** alle variazioni di **corrente**
    - \* determinata dal materiale del nucleo e il suo diametro, la lunghezza della bobina e il numero di spire
    - \* mutua induzione: accoppiamento magnetico tra circuiti diversi
    - \* Se viene inserito un nucleo di ferro in una bobina l'induttanza aumenta
  - reattanza **induttiva**
    - \*  $X_L = 6,28 * f_{Hz} * L_H$
    - \* aumenta all'**aumentare** della frequenza
    - \* si **oppone** al flusso di corrente alternata
  - costante di tempo in un circuito LC: il tempo affinché la **corrente** nel circuito salga al 63% del valore di regime
    - \*  $T_{sec} = L_{henry} / R_{Ohm}$
  - in serie:  $I_{tot} = I_1 + I_2$
  - in parallelo:  $I_{tot} = (I_1 * I_2) / (I_1 + I_2)$
  - limita il passaggio della corrente **alternata** e lascia scorrere la corrente **continua**
- reattanza (Ohm): La grandezza, dovuta alle **bobine** ed ai **condensatori**, che si oppone al flusso di corrente alternata.
  - è la parte **immaginaria** dell'impedenza
- impedenza (Z):
  - misurata in Ohm
  - La grandezza che si **oppone** allo scorrere della **corrente alternata** in un circuito
  - L'impedenza di un circuito formato da una resistenza con in parallelo un condensatore/induttore dipende dalla frequenza di lavoro
- potenza apparente (P):
  - misura in VoltAmpere
  - $P_{apparente} = V * I$
  - $P_{attiva} = V * I * \cos\phi$
  - $\cos\phi = P_{attiva} / P_{apparente}$
  - sfasamento (misurato in gradi tra tensione e corrente)
    - \* resistori =  $0^\circ$
    - \* condensatore =  $90^\circ$  in **anticipo**
    - \* induttore =  $90^\circ$  in **ritardo**
  - In un circuito formato da pure reattanze la potenza attiva è **nulla** e quella apparente è **massima**
  - un generatore trifase (alternatore) produce **tre tensioni alternate** della stessa ampiezza ma **sfasate** tra loro di  $120^\circ$
- frequenza di risonanza (Circuito LRC)
  - la reattanza dell'induttore è uguale a quella del condensatore (si **annullano** a vicenda)
  - $f_{0MHz} = 159 / \sqrt{L_{microH} * C_{pF}}$
  - Un circuito risonante **serie** alla frequenza  $f$  **inferiore** a quella di risonanza ha comportamento **capacitivo**
  - Un circuito risonante **parallelo** alla frequenza  $f$  **superiore** a quella di risonanza ha comportamento **capacitivo**
  - In un circuito risonante **serie** con induttanza  $L$ , capacità  $C$  e resistenza  $R$  alla frequenza di risonanza l'impedenza è uguale a valore **minimo resistivo R**
  - circuito risonanza in **serie**: Fa scorrere la **massima** corrente alla frequenza di risonanza
  - circuito risonanza in **parallelo** (antirisonanza): Fa scorrere la **minima** corrente alla frequenza di risonanza
  - selettività (fattore Q): rapporto frequenza di risonanza / larghezza di banda
    - \* la resistenza in un circuito risonante in **parallelo** per avere la massima selettività deve essere **massimo**
    - \* la resistenza in un circuito risonante in **serie** per avere la massima selettività deve essere **minimo**
    - \*  $Q \text{ (in serie)} = X / R$

## filtri

- passa basso: **attenua** i segnali di frequenza **superiore** alla frequenza di taglio
- passa alto: **attenua** i segnali di frequenza **maggiori** della frequenza di taglio
- passa banda: **attenua** i segnali di frequenza **esterne** alla banda del filtro
- elimina banda: **attenua** i segnali di frequenza **interne** alla banda del filtro
- Se l'attenuazione di un filtro non è sufficiente si collegano più filtri identici **in serie**
- l'impedenza di un filtro passa-basso in rapporto all'impedenza della linea di trasmissione deve essere circa la stessa
- Nei trasmettitori l'ultimo circuito prima del collegamento con l'antenna è un filtro passa banda/adattatore di impedenza

## dispositivi

- microfono: capta le onde sonore e le trasforma in corrente elettrica
- L'altoparlante converte segnali elettrici in onde sonore
- quarzo:
  - funziona grazie all'effetto piezoelettrico
  - alta stabilità di frequenza
  - Il fattore Q è molto alto
  - la frequenza di risonanza dipende dallo **spessore** del quarzo stesso

## VALVOLE

- il filamento serve a scaldare il catodo
- la griglia controlla la corrente che scorre tra anodo a catodo
- la placca è anche detta anodo
- I tubi a vuoto sono particolarmente indicati per i circuiti ad **altissima potenza** o ad **altissima frequenza**
- numero di griglie:
  - diodo: 0
  - tetrodo: 2
  - pentodo: 3
- lo schermo del tetrodo serve a **diminuire** la **capacità parassita** tra griglia e anodo
- il pentodo ha 5 elettrodi +2 del filamento = 7
- l'elettrodo soppressore del pentodo serve a **sopprimere la corrente inversa** da placca a schermo

## DIODI

- La tensione di **soglia** per un diodo al silicio vale approssimativamente 0,6V
- la caduta di tensione di un normale diodo al silicio è di 0,7V
- Una giunzione PN è un diodo
- Per polarizzare direttamente un diodo al silicio si collega una tensione **positiva** e **maggiore** di 0,6 V all'anodo
- diodo a giunzione: l'effetto valanga si verifica per una **polarizzazione inversa** pari a  $V_z$  (tensione zener)
- Un diodo polarizzato **inversamente** ha tensione al catodo maggiore di quella all'anodo
- un diodo al silicio ha 2 elettrodi
- la **tensione inversa di picco** caratteristica di un rettificatore rappresenta La **tensione inversa massima** che il rettificatore può sopportare senza subire danni
- diodo **varicap**:
  - diodo a capacità **variabile**
  - si usa di solito per modificare la frequenza di un oscillatore a frequenza variabile
- diodo Zener:
  - polarizzato inversamente
  - stabilizzatore di tensione in un alimentatore
  - 2 elettrodi
- led: Un diodo che emette luce
- Il diodo tunnel entro una porzione della caratteristica tensione/corrente presenta la particolarità di avere Una resistenza negativa

- diodi hot-carrier: hanno una giunzione tra metallo e semiconduttore

## TRANSISTOR

- SEMICONDUTTORI
  - La barriera di potenziale in una giunzione P-N impedisce la totale ricombinazione degli elettroni con le lacune
  - In un semiconduttore drogato di tipo N le cariche libere sono **elettroni**
- tipi: PNP, NPN, MESFET (adatto a lavorare ad altissime frequenze), MOSFET, FET
- transistor bipolare
  - 2 giunzioni
  - 3 terminali
  - per condurre
    - \* la base deve essere **positiva** rispetto all'**emettitore** e **negativa** rispetto al **collettore**.
    - \* avere una tensione **tra base ed emettitore** maggiore di 0,6 V
  - L'impedenza di ingresso è **estremamente elevata**
- FET
  - La polarizzazione del gate è data da una tensione negativa
  - terminali: Gate, Drain, Source.
- MOSFET: un tipo di transistor ad effetto di campo
  - in molti dispositivi MOSFET è incorporato un diodo zener di protezione del gate per proteggere l'isolamento del gate da perforazioni dovute a piccole cariche statiche o a sovratensioni.
  - MOSFET A DOPPIO GATE: usato in Rivelatore a prodotto per la SSB, Mixer, Amplificatore
    - \* **non** si usa come raddrizzatore

## CIRCUITI LOGICI

- vantaggi: incorporano diverse funzioni in un singolo componente
- TTL
  - 5V Tensione di alimentazione
  - livello alto: 2.0-5.5V
  - livello basso: 0-0.8V
  - se l'ingresso è aperto il livello è alto
- porte logiche:
  - OR
  - AND
  - NOT
  - NAND (NOT AND)
- CMOS: Complimentary Metal Oxide Semiconductor
  - vantaggio di consumo ridotto
- la sonda logica indica gli stati alto/basso di un circuito digitale

## STRUMENTI/SICUREZZA

- sicurezza:
  - Anche un **decimo di ampere** (100 mA) attraversando il corpo umano può risultare **fatale**
  - Il **cuore** può essere danneggiato da una corrente elettrica anche di **bassa intensità**
  - Staccare l'energia elettrica e chiamare i soccorsi in presenza di qualcuno colpito da alta tensione
- strumenti:
  - portata: Il valore **massimo misurabile** della grandezza.
  - l'Ohmmetro misura resistenze
  - multimetro misura resistenza, capacità ed induttanza
  - Si potrebbe danneggiare la circuiteria del multimetro
    - \* se commutate un multimetro sulla misura di **resistenza** quando è collegato ad un circuito per misurare la **tensione**
    - \* se impostate un multimetro per misurare microA e lo collegate ad un circuito percorso da una corrente di 5 A
- voltmetro:
  - si collega in **parallelo** al circuito

- misura la tensione **tra due punti**
- resistenza interna **elevata**
- la portata si **aumenta** collegando una resistenza in **serie** allo strumento
- amperometro
  - si collega in **serie** al ramo in cui si vuol misurare la corrente
  - la portata si aumenta aggiungendo una resistenza in **parallelo** allo strumento (resistenza shunt)
- wattmetro
  - misura la potenza **diretta** e quella **riflessa**
    - \* in rf collegare al connettore di uscita del trasmettitore
    - \* tarato a 50 Ohm di impedenza di linea
- oscilloscopio
  - visualizza L'andamento nel tempo dei segnali
  - L'analizzatore di spettro opera nel dominio della frequenza; l'oscilloscopio opera nel dominio del **tempo**.

## ANTENNE

- Caratteristiche delle antenne:
  - frequenza di lavoro, impedenza, guadagno, diagramma di irradiazione, potenza massima applicabile
- guadagno:
  - si misura in
    - \* dBd (rispetto a un dipolo)
    - \* dBi (rispetto ad un'antenna isotropica)
  - è il rapporto tra la potenza irradiata nella direzione di irradiazione massima dell'antenna stessa e la potenza irradiata da un'antenna di riferimento
  - Decibel
    - \* minima differenza tra due livelli di suono che mediante un orecchio può percepire
    - \* amplificatori collegati in cascata sommano i dB
    - \* proporzionale al logaritmo dei due livelli
      - $0 = \times 1$
      - $3 = \times 2$
      - $6 = \times 4$
      - $10 = \times 10$
      - $20 = \times 100$
      - $30 = \times 1000$
- **riducendo** l'angolo di apertura del lobo d'irradiazione di un'antenna, il guadagno **aumenta**
- se si **accorcia** un'antenna si **aumenta** la sua frequenza di risonanza
- con una bobina in serie la **lunghezza elettrica** dell'antenna **aumenta** (Marconiana=verticale)
- la relazione fra la componente elettrica E e la componente magnetica H di un'onda elettromagnetica nello spazio libero è **730 Ohm** (impedenza dello spazio libero)
- antenna isotropica: Una antenna **teorica** (ideale, perfettamente omnidirezionale) usata come termine di paragone per gli altri tipi di antenna. \* serve come riferimento per le misure di guadagno delle antenne (per confrontare i guadagni delle antenne direttive). \* guadagna 0 in tutte le direzioni \* è un carico non irradiante per i trasmettitori
- antenna artificiale (dummy load): \* Un resistore non induttivo \* trasforma l'energia a radiofrequenza in calore \* riduce la possibilità di interferenze durante prolungate fasi di verifica e taratura di un trasmettitore \* serve per fare prove su trasmettitori senza irradiazione di segnali
- dipolo (a mezza onda):
  - $l(1/2 \text{ onda}) = 150 / f$ 
    - \* **notare** ->  $L(\text{onda completa}) = 300/f$
  - si alimenta a **metà** della sua lunghezza
  - resistenza di irradiazione è circa 73 Ohm
  - guadagna circa 2,1 dB rispetto all'antenna isotropica
  - se estremi puntati a nord e sud irradia est e ovest
  - si usano le trappole per farlo risuonare a diverse frequenze
- antenna verticale
  - irradia ugualmente in tutte le direzioni sul piano orizzontale.
  - antenna a 5/8 onda ha più guadagno di una 1/4

- ground plane: ha un piano di terra fittizio alla base dello stilo
- antenne direttive (yagi, riflettore parabolico, ecc )
  - hanno la capacità di **concentrare** l'irradiazione in direzioni privilegiate
  - rapporto fronte-retro: è il rapporto tra la potenza irradiata nella direzione di massimo guadagno e quella irradiata in direzione opposta
  - lobo principale: La direzione in cui viene irradiata la massima intensità di campo
  - Yagi:
    - \* Il direttore è normalmente il **più corto** degli elementi passivi
    - \* radiatore:
      - il solo elemento è collegato alla linea di alimentazione
      - lungo circa  $1/2$  onda.
    - \* mediamente guadagna 5,3 dBd
    - \* più elementi == più direttività
  - cubic quad: antenna con due o più avvolgimenti paralleli, su telaio a 4 lati, ciascuno lungo circa  $\lambda$ .
  - antenne paraboliche: utilizzate per le microonde
- antenne multibanda:
  - potrebbero irradiare armoniche indesiderate
  - Rende possibile operare su diverse bande impiegando la stessa linea di collegamento
  - Un accordatore d'antenna permette di utilizzare una antenna su una banda diversa da quella per la quale è stata progettata
- polarizzazione:
  - La polarizzazione di un'antenna è definita come il **piano in cui si propaga** il campo elettrico
  - polarizzazione **orizzontale**: Le linee di forza della componente elettrica sono **parallele** alla superficie terrestre
  - polarizzazione **verticale**: Le linee di forza della componente elettrica sono **perpendicolari** alla superficie terrestre
  - i ripetitori radioamatoriali in VHF hanno polarizzazione **verticale**

## LINEE DI TRASMISSIONE

- L'impedenza d'uscita di un trasmettitore deve essere uguale a quella della linea/antenna a cui è collegato
- il cavo deve essere più corto possibile
- Nei radiotrasmettitori amatoriali l'impedenza d'uscita è 50 Ohm
- accordatore:
  - serve ad **adattare** l'impedenza all'uscita del cavo a quella nominale del trasmettitore
  - Consente l'accoppiamento fra l'impedenza di uscita del trasmettitore e l'impedenza del sistema d'antenna.
- linea a conduttori paralleli (piattina):
  - può sopportare un **ROS elevato** ed ha **perdite inferiori**
  - Due fili metallici affiancati tenuti separati con materiale isolante
  - impedenza circa **300 Ohm**
- cavo coassiale:
  - Un filo metallico centrale contenuto in un materiale isolante a sua volta coperto da una guaina metallica
  - miglior cavo ha l'**attenuazione di linea più bassa** possibile
  - funziona correttamente anche se scorre **interrata**
  - E' ben protetto dagli agenti atmosferici e può essere steso anche in prossimità di superfici metalliche
- L'attenuazione di linea si misura in **dB/m**
- Le perdite aumentano all'aumentare della lunghezza
- Una linea con un conduttore connesso a massa è **sbilanciata**
- Una linea con nessun conduttore connesso a massa è **bilanciata**
- rapporto d'onda stazionaria (ROS)(SWR: Standing Wave Ratio):
  - Il rapporto fra la **massima** e la **minima** tensione in una linea di trasmissione
  - rapporto fra l'impedenza caratteristica della linea e la resistenza del carico (o viceversa)
  - per evitare danni al trasmettitore deve essere circa 1 : 1
  - Un ROS basso rende **più efficiente** il trasferimento di energia dalla linea di trasmissione all'antenna
  - può essere misurato con un wattmetro direzionale
  - il misuratore di onde stazionarie deve essere collegato **fra la linea di alimentazione e l'antenna**.
  - ROS misurato ai capi di una linea di trasmissione cortocircuitata è infinito
- le perdite aumentano all'aumentare della frequenza

- BALUN (*balanced to unbalanced*)
  - serve per alimentare una antenna bilanciata con una linea sbilanciata
  - un nucleo toroidale, uno spezzone di linea di trasmissione, una coppia di bobine avvolte in aria
  - viene collegato tra il cavo coassiale e l'antenna
- potenza diretta: La potenza che transita dal **trasmettitore** all'**antenna**
- potenza riflessa: La potenza che transita dall'**antenna** al **trasmettitore**

## PROPAGAZIONE

- propagazione ionosferica:
  - L'attività solare è l'elemento più importante che determina le caratteristiche della propagazione ionosferica
  - propaga le **onde corte** (HF) a lunga distanza
  - segnali che partono verticalmente dall'antenna e sono di frequenza **superiore** alla frequenza critica **attraversano** la ionosfera
  - La banda dei 28 MHz è usata per collegamenti a lunga distanza prevalentemente nelle ore **diurne**
  - 14MHz (20m) più adatta a collegamenti a lunga distanza sia di **giorno**, sia di **notte**
  - 1,8 MHz solo per collegamenti **nottturni**
  - La ionizzazione della regione D provoca l'**assorbimento** delle onde radio nella ionosfera
  - La ionizzazione è al minimo poco prima dell'alba
  - la regione E sopra un certa area della superficie terrestre è maggiormente ionizzata a **mezzogiorno**
  - la regione D:
    - \* limita le comunicazioni nella gamma degli 80 m alle brevi distanze durante il giorno
    - \* meno utile per le comunicazioni radio a lunga distanza
    - \* si verifica principalmente l'**assorbimento** dei segnali nelle gamme MF/HF durante il giorno
- MUF (Maximum Usable Frequency):
  - la più **alta frequenza** che si può utilizzare per trasmettere un segnale ad una data destinazione
  - determinata dall'intensità delle radiazioni solari, specialmente le ultraviolette
  - le onde a frequenza **inferiore** della MUF vengono **rifratte** e ritornano verso la superficie terrestre
- troposfera: L'**attenuazione** cresce all'**aumentare** della frequenza
- Le onde lunghe si propagano prevalentemente per per onda di terra
- zona d'ombra: la fascia di territorio compresa tra il limite massimo cui giunge l'onda di terra ed il limite minimo cui giunge l'onda riflessa dalla ionosfera
- Ripetitori:
  - servono a facilitare i collegamenti alle stazioni mobili ed a quelle di bassa potenza estendendone la portata
  - come potreste fare per verificare se è possibile comunicare anche in **simplex**? Verificando se è possibile ricevere il proprio interlocutore sulla frequenza di **ingresso** del ripetitore
  - Perché è preferibile utilizzare comunicazioni in simplex, quando è possibile, anziché utilizzare i ripetitori? Il ripetitore non deve essere impegnato senza motivo
  - impegnare a lungo un ripetitore potrebbe impedirne l'utilizzo per comunicazioni d'emergenza
  - per inserirsi trasmettere il proprio nominativo nel corso della pausa fra un messaggio e l'altro
  - offset: La differenza fra la frequenza di trasmissione e quella di ricezione del ripetitore
    - \* 2 metri: 600khz
    - \* 70cm: 5MHz
- la fm è usata dalle VHF in su

## MODULAZIONE

- modulazione: la combinazione di un segnale contenente un'informazione e un segnale a radiofrequenza
  - portante RF: Un segnale a **radiofrequenza** (di **ampiezza costante**) che viene modulato per produrre un segnale radiotelefonico
  - La FM occupa una banda piuttosto larga



- La AM occupa il **doppio** della banda rispetto alla SSB
- La SSB sfrutta la **potenza** del trasmettitore meglio delle altre modulazioni
- AM: L'**ampiezza** del segnale portante viene variato dal segnale modulante.
  - %/indice/profondità di modulazione: Il rapporto tra l'**ampiezza** della **modulante** e quella della **portante**
    - \* Non può superare 100% perché si introdurrebbe distorsione e quindi armoniche indesiderate
    - \*  $m = \text{ampiezza\_modulante} / \text{ampiezza\_portante}$
    - \* per 150W di potenza 100 W sulla portante e 25 W su ciascuna banda laterale
    - \* la trasmissione di un segnale con  $f_{max}=X$  occuperà una banda di larghezza pari a  $X*2$
- SSB: La SSB è **migliore della AM** perché occupa **meno banda** e sfrutta meglio la **potenza** del trasmettitore
  - USB: La parte di un segnale a banda laterale unica che si trova al di **sopra** della frequenza della portante
  - LSB: La parte di un segnale a banda laterale unica che si trova al di **sotto** della frequenza della portante
  - la portante rispetto alla potenza di picco erogata da un buon trasmettitore a banda laterale unica deve essere attenuata di almeno 40dB
  - a parità di segnale modulante, la larghezza di banda di un'emissione SSB è la metà di quella di un'emissione AM
- FM: Nella modulazione FM **varia la frequenza** ma non l'ampiezza di picco della portante
  - La frequenza del segnale portante viene variato dall'ampiezza del segnale modulante.
  - Maggiore **immunità ai disturbi**
    - \* l'audio non è disturbato dai rumori generati da macchine elettriche
  - grande larghezza di banda occupata
  - FORMULA DI CARSON:  $2(\text{deviazione} + \text{freq\_modulante})$
  - si ottiene una maggiore fedeltà nella riproduzione dei suoni
  - effetto della sovradeviiazione: Emissioni fuori dal canale
  - indice modulazione:  $\text{deviazione} / \text{frequenza\_modulante}$  (analogo ad indice modulazione per AM)
  - Quale tipo di emissioni produce un trasmettitore che usa un modulatore a reattanza (varicap): Telefonia a modulazione di fase
  - un segnale in modulazione di fase è uguale a modulazione di frequenza

## BANDE E FREQUENZE

- In quante bande è suddiviso lo spettro delle frequenze radioelettriche: 9
- onda miriametrica: VLF (3-30kHz)
- onda ettometrica: MF (30-300 kHz)
- onda decametrica: HF (3-30 MHz)
- onde metriche: VHF (30-300 MHz)
- onda centimetrica: SHF (3-30GHz)
- onda millimetrica: EHF (30-300GHz)
- onda decimillimetrica: (300-3000GHz)
- Codici larghezza di banda:
  - tre cifre e una lettera.
  - La lettere occupa la posizione della virgola e rappresenta l'unità della larghezza di banda.
  - Il primo carattere non deve essere né la cifra zero né le lettere K - M - G.
    - \* entro 0,001 e 999 Hz è espressa in Hz (lett. H)
    - \* entro 1,00 e 999 kHz è espressa in kHz (lett. K)
    - \* entro 1,00 e 999 MHz è espressa in MHz (lett. M)
    - \* entro 1,00 e 999 GHz è espressa in GHz (lett. G).
  - 9G05: 9,05Ghz
  - 350H: 350Hz
  - 20H0: 20hz
  - 2k40: 2,40khz
  - 5G21: 5,21Ghz
  - 300H: 300Hz
  - 42K0: 42khz

- 6M25: 6,25Mhz
- 71M2: 71,238Mhz
- 6K50: 6,5Khz
- 5k65: 5,65Khz
- 2M00: 2Mhz
- 8K55: 8,55Khz
- 400H: 400Hz
- 181K: 181Khz
- H100: 0,1Hz
- 195H: 195Hz
- Classi di Emissioni
  - A3E: telefonia ad un solo canale analogico in AM, doppia banda laterale
  - C3F: video televisivo modulato a banda laterale vestigiale
  - H3E: banda laterale unica, portante intera, un solo canale analogico, telefonia
  - A1A: doppia banda laterale, telegrafia ad un solo canale, telegrafia per ricezione automatica
  - F3E: modulazione di frequenza, telefonia, un solo canale analogico
  - 300KF8E: emissione di radiodiffusione FM stereo con banda 300khz
  - 150HA1A: telegrafia ad interruzione di portante, codice morse, larghezza di banda 150Hz
  - 8k00A3E: radio diffusione sonora, doppia banda laterale, 8khz larghezza di banda
- TIPI DI EMISSIONE
  - ordine **crescente** di larghezza di banda: CW (filtri più selettivi), RTTY, telefonia SSB, telefonia FM

## TRASMETTITORI

- uno stadio RF finale da 100W alimentato a 20V assorbe più di 5A
- la schermatura serve per evitare l'irradiazione di segnali spuri
- VOX: circuito che provoca il **passaggio automatico** dalla ricezione alla trasmissione quando l'operatore parla nel microfono
- un filtro (passa basso in HF tra il trasmettitore e l'antenna serve per ridurre l'emissione di armoniche
- profondità di modulazione, mai superare 100% perchè produce armoniche
- Amplificatore in classe C è usato come moltiplicatore di frequenza (per aumentare la deviazione di frequenza prodotta dal modulatore)
- FM
  - la frequenza della portante tipicamente viene variata tramite un diodo varicap
  - utilizzata la tecnica della preenfasi
  - lo stadio moltiplicatore in VHF a modulazione di frequenza seleziona ed amplifica una armonica del segnale modulato per produrre la frequenza di trasmissione
- SSB
  - si usa il modulatore bilanciato ad anello
  - si usa un filtro passa banda per lasciar passare una sola delle due bande laterali (tra il modulatore bilanciato e il mixer)
  - Il modulatore bilanciato: riceve i segnali dall'oscillatore che genera la portante e dall'amplificatore audio e li invia al filtro
  - è presente un *filtro passa banda* all'uscita del modulatore bilanciato per eliminare una delle due bande laterali
- Collegando dei moltiplicatori di frequenza in cascata all'oscillatore si possono ottenere frequenze molto elevate (VHF ed oltre) da semplici oscillatori al quarzo
- lo squelch non è presente in trasmissione (solo in FM e solo in ricezione per sopprimere il soffio)
- deviazione di frequenza: aumentando la frequenza aumenta anche la deviazione.
  - deviazione LO = Deviazione RF / (Frequenza RF / Frequenza LO)
  - \* es.  $12.21\text{Mhz}/146.52\text{Mhz} == 5000\text{hz/x}$
- frequenza immagine: e' lontana  $2 * \text{IF}$  dalla freq. sintonizzata... in piu' o in meno, dipende dall'oscillatore locale

## RICEVITORI

- mixer: converte la frequenza di un segnale / mescola 2 segnali in 1

- riceve i segnali dell'amplificatore RF e dell'oscillatore locale e li invia al filtro
- circuiti prescaler: dividono la frequenza di un segnale HF per visualizzarla con un frequenzimetro di bassa frequenza (es segnale da 20mhz per frequenzimetro a 10mhz)
- effetto del battimento: due suoni di frequenze leggermente diverse  $f_1$  e  $f_2$  ( $f_2 > f_1$ ) vengono percepiti dal nostro orecchio come un unico suono di frequenza  $f_2 - f_1$
- BFO (beat freq oscillator): usato in SSB e CW (no AM)
- AGC (controllo automatico di guadagno):
  - mantiene costante il livello d'uscita audio di un ricevitore anche se varia il livello dei segnali in ingresso a RF
  - circuito per riuscire a riprodurre sia segnali deboli, sia segnali forti con lo stesso livello audio d'uscita
- La larghezza di banda e la figura di rumore determinano la sensibilità di un ricevitore
- AM
  - utilizza Mixer, Amplificatore RF, AGC
- SSB (single side band - banda laterale unica)
  - necessita di un BFO (oscillatore a frequenza di battimento) e di un rilevatore a prodotto (MOSFET doppio gate)
  - larghezza di banda è di 2-3 kHz
  - grado di selettività 2,4 kHz
- FM:
  - utilizza un limitatore e un discriminatore di frequenza per produrre un segnale udibile
  - utilizza la de-enfasi
  - per demodulare utilizza il Discriminatore Foster-Seeley
- CW:
  - larghezza di banda è 250 Hz
  - filtro IF più selettivo
  - utilizza BFO
- il grado di selettività è necessario nei circuiti a frequenza intermedia di un ricevitore radioamatoriale per RTTY è 300hz
- rumore è dato dall'agitazione termica dei componenti.
  - rumore di un ricevitore: il livello di rumore generato nello stadio di ingresso e negli stadi successivi del ricevitore
- selettività: La capacità di un ricevitore di “selezionare” un segnale fra quelli presenti nella banda
  - discrimina tra segnali di frequenze diverse ma vicine
  - si migliora usando filtri IF (preselettore) il più possibile selettivi (migliore Q)
  - alta selettività permette di ricevere in bande affollate di segnali
- sensibilità: minima tensione in ingresso che riesce a produrre un segnale d'uscita chiaramente distinguibile dal rumore generato dal ricevitore stesso
  - misurata in microvolt (uV)
  - limitata dal rumore di fondo
- Amplificatore RF/filtro passa banda è il primo circuito collegato all'antenna
- fenomeni legati al sovraccarico (interferenze causate da segnali troppo intensi):
  - Modulazione incrociata
  - Silenziamento
  - Distorsione da intermodulazione (forte segnale disturbante modulato sopra al debole segnale che si sta sintonizzando, dovuto al sovraccarico, compare in più posizioni della sintonia )
- clarifier: controllo del ricevitore usato per correggere il timbro di voce di un segnale ricevuto in SSB quando è troppo grave o troppo acuto

- gamma dinamica: Il rapporto fra l'intensità del minimo segnale intelligibile e l'intensità del massimo segnale tollerabile in ingresso.
- la banda passante degli stadi IF di un ricevitore deve essere leggermente più larga della larghezza di banda del segnale ricevuto.
- la frequenza immagine si elimina tramite l'uso di filtri passa banda e con una scelta accurata della prima IF
- Il rivelatore: combina il segnale di uscita dell'amplificatore IF con quello del BFO per produrre un segnale udibile
  - si trova in tutti i tipi di ricevitori
- nei ricevitori eterodina il segnale è convertito di frequenza una o più volte prima di essere demodulato

## ALIMENTATORI

- resistenza “bleeder”:
  - Scarica i condensatori del circuito allo spegnimento dell'alimentatore
  - filtra la tensione e quindi riduce l'ondulazione
- alimentatore stabilizzato:
  - Gli stadi sono
    - \* Trasformatore (serve ad abbassare la tensione in ingresso),
    - \* raddrizzatore a onda intera (ponte di diodi),
    - \* filtro (condensatori e induttanze),
    - \* stabilizzatore (In un alimentatore è lo stadio in cui viene resa costante la tensione in uscita al variare del carico)
- la forma d'onda in uscita ad un rettificatore a *doppia* semionda (conduce 360 gradi) connesso ad un carico resistivo è una serie di impulsi a frequenza doppia della frequenza di alimentazione
- un rettificatore a *singola* semionda è in conduzione per 180 gradi
- per aumentare la portata di corrente di un rettificatore è bene collegare due o più diodi in parallelo per evitare che un solo diodo sopporti la maggior parte della corrente
- il transistor in un alimentatore è inserito nello stabilizzatore

## AMPLIFICATORI

- La valvola termoionica:
  - usato per amplificare piccoli segnali ma necessita di tensioni elevate per funzionare
  - accetta carichi come una resistenza, un condensatore oppure un trasformatore.
- Controreazionando un amplificatore si ottiene:
  - Riduzione del rumore.
  - Allargamento della banda.
  - Maggiore linearità.
- Gli amplificatori compensati sono quelli utilizzati nella televisione (banda larga).
- il diodo non si usa per amplificare segnali
- Amplificatore a transistor (BJT)
  - il transistor bipolare (BJT) ad emettitore comune (CE) *non* è adatto a lavorare in alta frequenza
  - l'amplificazione di **corrente** di un transistor bipolare in configurazione a base comune (CB) è minore di 1
  - l'amplificazione di **tensione** di un transistor bipolare in configurazione a inseguitore di emettitore comune (CC o EF) è minore di 1
- per ottenere un guadagno molto elevato si collegano più stadi in cascata
- Negli amplificatori a radiofrequenza, per annullare l'effetto delle capacità interelettrodiche del componente attivo si usano circuiti risonanti all'ingresso e all'uscita dell'amplificatore
- L'amplificatore lineare: amplifica il segnale emesso in trasmissione, senza distorsione ed entro i limiti di legge
- amplificatore operazionale:
  - Un amplificatore **differenziale** le cui caratteristiche sono determinate da componenti esterni all'amplificatore.
  - caratteristiche ideali: Impedenza di ingresso altissima, impedenza di uscita bassissima, guadagno infinito, linearità in frequenza.
  - invertente: uscita 180°
  - non invertente: uscita in fase

- guadagno non varia al variare della frequenza.
- il fattore di amplificazione è dato Dal rapporto tra la tensione del segnale in uscita con la tensione del segnale in ingresso
- classe di funzionamento:
  - Indica quanti gradi (angolo di conduzione) di un periodo del segnale vi è circolazione di corrente nell'elemento attivo amplificante (valvola o transistor)
  - classe A:
    - \* conduzione a  $180^\circ$
    - \* In un trasmettitore il primo stadio BF per amplificare il segnale microfonico
    - \* In zona di funzionamento lineare e distante da interdizione e saturazione
    - \* scarso rendimento
    - \* bassissima distorsione
  - classe AB:
  - classe B:
    - \* conduzione a  $90^\circ$
    - \* Alto rendimento e minima dissipazione anodica in assenza di pilotaggio.
    - \* raddoppiando la tensione del segnale all'ingresso di un amplificatore in classe B la potenza d'uscita è quadruplicata, perché varia con il quadrato del potenziale di griglia.
  - classe C:
    - \* conduzione  $< 90^\circ$
    - \* maggiore distorsione
    - \* alto rendimento
    - \* per alte frequenze, CW
- Amplificatore push-pull:
  - garantisce alto rendimento e bassa distorsione
  - bassa frequenza: cancella le armoniche pari.

## IMPEDENZE DI INGRESSO USCITA

- Il FET ha impedenza di ingresso alta, il transistor ha impedenza di ingresso bassa.
- L'impedenza d'ingresso di un amplificatore a catodo comune è elevata
  - deve essere alta per non caricare eccessivamente lo stadio a monte
- un transistor bipolare in collettore comune ha impedenza di ingresso alta
- un FET a gate comune ha impedenza di ingresso alta

## NORMATIVA / REGOLAMENTO INTERNAZIONALE

- La direttiva europea sulla 'compatibilità elettromagnetica' è la 2004/108/CE
- Se un'Amministrazione viene a conoscenza di un infrazione ai Regolamenti delle radiocomunicazioni commessa da una stazione dipendente accerta i fatti determina le responsabilità e adotta i provvedimenti necessari.
- la potenza di trasmissione di una stazione deve essere La minima necessaria per assicurare un servizio soddisfacente
- le larghezze di banda delle emissioni devono essere mantenute ai valori più bassi possibili consentiti dallo stato tecnico e dalla natura del servizio
- le stazioni obbligate a trasmettere il segnale di identificazione
  - del servizio d'amatore
  - del servizio mobile
  - del servizio di radiodiffusione
  - delle frequenze campione
  - dei segnali orari
- le stazioni **non** obbligate a trasmettere il segnale di identificazione
  - Radiofari di localizzazione dei sinistri
  - Stazione di salvataggio che emette automaticamente il segnale d'emergenza

- il nominativo deve essere ripetuto all'inizio ed alla fine delle trasmissioni ed a brevi intervalli nel corso delle stesse
- una stazione che effettui emissioni per prove, regolaggi o esperimenti deve trasmettere la propria identificazione lentamente e frequentemente.
- Nel caso che una stazione commetta infrazioni gravi, dovrà farsene rapporto all'Amministrazione del Paese da cui detta stazione dipende a cura delle Amministrazioni che le rilevino
- le irradiazioni provenienti da apparecchi destinati alle utilizzazioni industriali, scientifiche e mediche *NON* possono causare disturbi nocivi alle comunicazioni di radionavigazione o sicurezza
- le emissioni fuori banda delle stazioni trasmittenti non devono provocare disturbi pregiudizievoli ai servizi che funzionano nelle bande adiacenti.
- la tolleranza di frequenza è espressa in Parti per milione o Hz
- La frequenza assegnata ad una stazione di un dato servizio/La frequenza di trasmissione deve essere sufficientemente lontana dai limiti della banda assegnata a detto servizio.
- potenza dell'onda portante: media della potenza fornita alla linea d'alimentazione dell'antenna durante un ciclo di radiofrequenza in assenza di modulazione
- un privato o un'impresa che voglia installare o gestire una stazione trasmittente deve possedere una licenza rilasciata dal governo del paese da cui la stazione dipende
- il contenuto delle trasmissioni tra stazioni d'amatore è limitato a messaggi di carattere tecnico riguardanti esperimenti e ad osservazioni d'indole puramente personale
- sono vietate:
  - le trasmissioni inutili
  - Le trasmissioni di cui non sia data l'identità.
  - emissioni ad onde smorzate
  - messaggi a pagamento
  - trasmettere comunicazioni internazionali provenienti da terzi o destinate a terzi
  - trasmettere in FM sulla banda dei 14Mhz (20m)
  - trasmissioni con un Paese la cui amministrazione ha notificato la sua opposizione
  - intercettare senza autorizzazione le comunicazioni dei telefoni cellulari ETACS?
  - le comunicazioni intercettate diverse da quelle che la licenza autorizza a ricevere non devono essere né riprodotte, né comunicate a terzi e non se ne deve nemmeno rivelare l'esistenza
  - segnali codificati
  - Trasmissione di segnali falsi o disturbanti
- Nelle trasmissioni di prova o di regolaggio i segnali devono essere scelti tra quelli che non si confondano con i segnali presenti o definiti dal regolamento e dal codice internazionale.
- la licenza di una stazione trasmittente attesta che per quella stazione è stato concesso l'installazione e l'esercizio.
- il centro della banda di frequenza assegnata ad una stazione è definito come frequenza assegnata ad una stazione
- Una stazione d'amatore *NON* può ascoltare senza autorizzazione le comunicazioni tra aerei e torre di controllo
- La potenza utilizzabile dal titolare di una autorizzazione generale è sempre di 500 W
  - è fissata dalle amministrazioni interessate, tenendo conto dell'idoneità tecnica degli operatori e delle condizioni nelle quali dette stazioni debbono operare
- In Italia il nominativo di radioamatore è formato dalla lettera I seguita da una singola cifra e da un gruppo di più di tre lettere.
- l'autorizzazione dura 10 anni
- Con la patente di radioamatore è possibile ottenere **l'autorizzazione generale**.
- un radioamatore può segnalare di trovarsi in condizioni d'emergenza e chiedere assistenza con qualsiasi forma di radiocomunicazione

- Le apparecchiature radio utilizzate dai radioamatori possono essere modificate se rispettano i requisiti tecnici delle normative internazionali di settore.
- L'ubicazione della stazione in domicilio diverso deve essere preventivamente comunicato all'Ispettorato territoriale
- la stazione di radioamatore può essere usata da persona diversa dal titolare solo da persona munita di patente, sotto la diretta responsabilità del titolare
- Per trasferire temporaneamente la stazione di radioamatore in Italia *non* è necessaria nessuna autorizzazione preventiva.
- qualora una stazione di radioamatore intercetti involontariamente, una comunicazione di soccorso deve avvertire l'Autorità competente e proseguire l'ascolto.
- Il servizio di amatore può utilizzare satelliti spaziali
- le Amministrazioni devono Evitare che gli apparati elettromedicali non causino disturbi pregiudizievoli per i servizi di radiocomunicazione
- per evitare i disturbi
  - deve essere scelta La banda laterale
  - usare nel migliore dei modi le proprietà delle antenne direttive
- Ogni disturbo nocivo causato da prove ed esperimenti deve essere eliminato al più presto possibile.
- Nella pianificazione delle stazioni utilizzare antenne direttive per evitare i disturbi
- Una stazione che riceve un disturbo nocivo deve dare alla stazione disturbata tutte le informazioni per identificare la causa e le caratteristiche di disturbo e comunicarlo all'Amministrazione da cui dipende la stazione disturbatrice.
- il mondo è stato suddiviso in 3 Regioni, l'Europa è nella regione 1