

QUESTIONI RIGUARDANTI LA TECNICA, IL FUNZIONAMENTO E LA REGOLAMENTAZIONE

A. - QUESTIONI DI NATURA TECNICA

1. - ELETTRICITA', ELETTROMAGNETISMO E RADIOTECNICA - TEORIA

1.1 - Conduttività

- Materiali conduttori, semiconduttori ed isolanti

- conduttore: materiale che contiene elettroni liberi e con alta conduttività
- isolante: materiale che **non** contiene elettroni liberi, bassa conduttività
- semiconduttore: componente che in normali condizioni è un isolante ma in determinate condizioni diventa conduttore
- conduttanza: l'attitudine a farsi attraversare dalla corrente

- Corrente, tensione e resistenza

- corrente: indica lo **spostamento complessivo** delle cariche elettriche. Moto ordinato definito come la quantità di carica elettrica che attraversa una determinata superficie nell'unità di tempo.
- tensione: la differenza tra il potenziale elettrico di due punti dello spazio
- resistenza: la tendenza di un corpo ad **opporsi** al passaggio di una corrente elettrica, quando sottoposto ad una tensione elettrica.

- Le unità di misura: ampere, volt e ohm

- ampere: unità di misura della intensità di corrente (1 coulomb/sec). La quantità di corrente che passa un conduttore nell'unità di tempo.
- volt: unità di misura della tensione (d.d.p. f.e.m.), differenza di potenziale elettrico (carica elettrostatica) tra due punti
- ohm: unità di misura della resistenza, la tendenza di un corpo ad opporsi al passaggio di una corrente elettrica.

- La legge di Ohm

- $V = I \cdot R$
- la tensione (V) presente ai capi di una resistenza (R) percorsa da una corrente (I) è uguale al prodotto fra I e R

- Le leggi di Kirchhoff

- 1. la somma delle **correnti** che entrano in un nodo deve essere uguale alla somma di correnti che ne escono
- 2. La somma delle **cadute di tensione** in un circuito deve eguagliare la somma delle sorgenti in tensione.

- La potenza elettrica

- la potenza erogata o dissipata da un dispositivo ai capi del quale è localizzata una tensione V e attraverso la quale scorre una corrente I è il prodotto tra V e I
- L'unità di misura: il watt
- pari alla potenza di cui dispone una corrente di 1 ampere che si muove sotto la tensione di 1 volt

- L'energia elettrica

- L'energia elettrica è l'**energia causata dallo spostamento di cariche elettriche**, chiamate elettroni. Più velocemente le cariche si muovono, più energia elettrica trasportano.

- La capacità di una batteria

- converte energia **chimica** in energia elettrica
- la portata (capacità di erogazione) viene misurata in ampere/ora (Ah)
- in serie si **somma** la tensione
- in parallelo la tensione rimane uguale ma si ha **doppia erogazione**

1.2 - I generatori elettrici

- Generatore di tensione, forza elettromotrice (f.e.m.), corrente di corto circuito, resistenza interna e tensione di uscita

- generatore di tensione: dispositivo in grado di **mantenere un eccesso di elettroni** ad uno dei suoi terminali (positivo) e un difetto di elettroni nell'altro terminale (negativo)
- forza elettromotrice: la forza esercitata su un conduttore per far **muovere le cariche**, espressione della d.d.p.
- corrente di corto circuito: circuito dove **scorre (assorbe) troppa** corrente (resistenza prossima a zero)
- resistenza interna e tensione: ogni generatore chimico o un circuito elettrico qualsiasi è dotato di una certa resistività r .
- tensione di uscita: tensione in uscita dal generatore, tenendo conto della resistenza interna ???

- Connessione di generatori di tensione in serie ed in parallelo

- tensioni in serie si sommano o si sottraggono se il segno è concordante o discordante

1.3 - Campo elettrico

- Intensità di campo elettrico

- campo elettrico: porzione di spazio in cui una carica elettrica risulta sottoposta ad una forza a sua volta prodotta dalla distribuzione di altre cariche elettriche
- intensità di campo elettrico: d.d.p. presente tra due punti del campo elettrico distante 1 metro tra di loro

- L'unità di misura: volt/metro

- l'unità di misura dell'intensità di campo elettrico

- Schermatura contro i campi elettrici

- ??? Gabbia di faraday

1.4 - Campo magnetico

- Campo magnetico attorno ad un conduttore

- campo magnetico: la presenza di forze magnetiche in un certo spazio
- **ogni conduttore percorso da corrente si circonda di campo magnetico** che nasce con la corrente e con essa si estingue
- le linee che determinano le direzioni lungo cui tale campo si manifesta ("linee di forza") sono (per un conduttore rettilineo) cerchi concentrici che lo circondano perpendicolarmente
- l'intensità di campo magnetico è misurata in Henry

- Schermatura contro i campi magnetici

- ???

1.5 - Campo elettromagnetico

- Le onde radio come onde elettromagnetiche

- le onde elettromagnetiche sono un **fenomeno ondulatorio di propagazione di energia** costituito da **due campi, uno elettrico e uno magnetico, ruotati e sfasati di 90°** l'uno rispetto all'altro: sul piano verticale l'intensità e direzione del campo elettrico, sul piano orizzontale l'intensità e direzione del campo magnetico.
- onda: perturbazione che si propaga nello spazio sia esso vuoto oppure occupato

- Velocità di propagazione e relazione con la frequenza e la lunghezza d'onda

- lunghezza d'onda: la distanza percorsa da un'onda elettromagnetica in un **ciclo completo**
- il campo elettromagnetico si propaga alla velocità della luce (300.000.000 metri al secondo)
- lunghezza d'onda = $300.000.000 \frac{\text{m/s}}{f_{\text{Hz}}} = 300 / f_{\text{MHz}}$
- frequenza $\text{MHz} = 300 / l_{\text{metri}}$

- Polarizzazione

- polarizzazione: il piano in cui si propaga l'onda elettrica, **parallela al conduttore** (piano di polarizzazione) opposta a quella magnetica

1.6 - Segnali sinusoidali

- La rappresentazione grafica in funzione del tempo

- sinusoidale: forma d'onda per la quale la variazione del valore avviene regolarmente e simmetricamente per due semionde
- graficamente descrive due semionde
- ciclo: lo sviluppo completo di una singola alternanza

- Valore istantaneo, valore efficace e valore medio

- valore istantaneo: il valore di ampiezza in un singolo punto della sinusoide
- valore efficace: $V_{\text{eff}} = 0,707V_{\text{max}}$
 - il valore che dovrebbe avere la **corrente continua** che, percorrendo lo stesso circuito di quella alternata, determina la **stessa quantità di calore**
- valore medio: la **media** di tutti valori dell'onda

- Periodo

- periodo: tempo che la forma d'onda impiega a percorrere un ciclo completo

- Frequenza

- numero di periodi o di cicli completi descritti nell'unità di tempo

- L'unità di misura: hertz

- unità di misura della frequenza

- Differenza di fase

- differenza angolare tra due onde (sfasamento o ϕ) tra 0 e 360°
- in fase (0°)
- in quadratura (90°)
- in opposizione (180°)

1.7 - Segnali non sinusoidali

- Segnali di bassa frequenza

- segnali di bassa frequenza: **vibrazioni di varie origini** (naturale, meccanica o elettrica) che si propagano nello spazio o in mezzi materiali sotto forma di **energia meccanica** ???

- Segnali audio

- onde acustiche: frequenze comprese tra 16 e 16.000Hz
- frequenze acustiche (0-150Khz)

- Segnali rettangolari

- variano **bruscamente** tra due livelli
- Il duty cycle del segnale rettangolare sta ad indicare quale **percentuale del periodo** il segnale rimane a livello basso.
- onda quadra contiene fino a 21 armoniche

- La rappresentazione grafica in funzione del tempo

- ogni onda periodica (non sinusoidale) è composta da **tante onde sinusoidali di ampiezza e frequenza diverse**, combinate assieme.

- Componente di tensione continua, componente della frequenza fondamentale e armoniche

- Un segnale periodico si dice **alternato** quando il suo valore medio in un periodo è nullo
- Un segnale periodico non **alternato** ha un valore medio non nullo e **si può scomporre in una componente continua e una componente alternata** avente la stessa forma d'onda del segnale originario
- fondamentale :l'onda sinusoidale che ha la **stessa frequenza del segnale**
- armoniche: le frequenze più alte, **multiple** della fondamentale

1.8 - Segnali modulati

- Modulazione di ampiezza

- modulazione di ampiezza (AM): il segnale (modulante) in BF va a **modulare** (imprimere il ritmo) **l'ampiezza** di un'onda in RF (portante), inalterando frequenza e fase.
 - L'ampiezza della **portante** varia al ritmo della **modulante**

- Modulazione di ampiezza a banda laterale unica

- AM a banda laterale unica (SSB): come AM ma senza portante e senza una delle due bande laterali
 - **USB**: la parte di banda che si trova **sopra** (**Upper**) alla frequenza della portante
 - **LSB**: la parte di banda che si trova **sotto** (**Lower**) alla frequenza della portante

- Modulazione di fase, modulazione di frequenza

- modulazione di frequenza (FM) e di fase (PM): l'ampiezza dell'onda RF (portante) **resta costante** mentre **varia la frequenza e la fase** al ritmo del segnale a BF (modulante). la banda passante è superiore all'AM ma è meno sensibile ai rumori
- modulazione di fase (PM): **si ottiene variando la fase della portante** rispetto al suo valore in assenza di modulazione, proporzionalmente al valore istantaneo dell'ampiezza del segnale modulante

- Deviazione di frequenza e indice di modulazione

- deviazione di frequenza: l'entità di cui varia la frequenza della portante, proporzionale all'ampiezza istantanea del segnale modulante, **equivalente all'ampiezza delle bande laterali**
- indice di modulazione: rapporto tra **deviazione portante (RF) / frequenza modulante (BF)**

- Portante, bande laterali e larghezza di banda

- portante: un'onda elettromagnetica o un segnale elettrico, generalmente sinusoidale, con caratteristiche di **frequenza, ampiezza e fase note**, che viene **modificata da un segnale modulante**, in genere contenente informazioni, per essere poi trasmessa via etere o via cavo.
- bande laterali: una **banda di frequenze più alta o più bassa rispetto alla frequenza portante**, contenente un'energia risultante dal processo di modulazione.
- larghezza di banda: è la **misura dell'ampiezza di banda dello spettro**. Si misura in Hertz ed è data dall'intervallo di frequenze occupato dal segnale (audio tra 300 e 3000Hz)

- Forme d'onda

- ???

1.9 - Potenza ed energia

- Potenza dei segnali sinusoidali

- ???

- Rapporti di potenza corrispondenti ai seguenti valori in dB: 0 dB, 3 dB, 6 dB, 10 dB e 20 dB (positivi e negativi)

- dB = la **minima differenza tra due livelli** di suono che un orecchio può percepire
- 0dB = x1, 3dB = x2, 6dB = x4, 10dB = x10, 20dB = x100, 30dB = x1000

- Rapporti di potenza ingresso/uscita in dB di amplificatori collegati in serie e/o attenuatori

- guadagno complessivo di sistema: **somma algebrica dei singoli componenti**

- Adattamento (massimo trasferimento di potenza)

- quando il rapporto fra l'impedenza caratteristica della linea/circuito e la resistenza del carico è 1:1
 - si ottiene il massimo trasferimento di potenza
 - vedi R.O.S.

- relazione tra potenza d'ingresso e potenza di uscita e rendimento

- rendimento: rapporto tra la potenza utile a compiere un lavoro (**erogata**) e la potenza assorbita (**dissipata**). (Es. Lampadina da 24w converte in 6w energia luminosa.
 - potenza erogata / potenza dissipata (in %) $[6/24=25\%]$

- Potenza di cresta della portante modulata

- rappresenta la potenza misurata sulla cresta di un segnale modulato in ampiezza al 100%, risulta **4x la potenza della portante non modulata**

2 - COMPONENTI

2.1 - Resistore

- Resistenza

- la tendenza di un corpo ad **opporsi** al passaggio di una corrente elettrica
- fattori determinanti: tipo di materiale ρ , sezione trasversale S (inversamente proporzionale), lunghezza l (direttamente proporzionale)
- $R = \rho \cdot (l/S)$
- in serie si sommano, in parallelo $1/(1/R1 + 1/R2 + 1/R3...)$

- L'unità di misura: l'ohm

- 1 Ohm la resistenza di un circuito in cui scorre una corrente di 1A quando la tensione applicata è 1V

- Caratteristiche corrente/tensione

- fissa la corrente e la tensione desiderate in un certo punto di esercizio
- lineare, segue la legge di Ohm

- Potenza dissipata

- l'energia elettrica fornita viene dissipata sotto forma di energia termica (calore) dal resistore (effetto Joule)

- Coefficiente di temperatura positivo e negativo

- coefficiente di temperatura: la percentuale di cui varia il valore di resistenza quando la temperatura varia di un grado
 - coefficiente positivo: il valore di resistenza **aumenta** aumentando la temperatura
 - coefficiente negativo: il valore di resistenza **diminuisce** aumentando la temperatura

2.2 - Condensatore

- Capacità

- Capacità: la capacità di immagazzinare energia in un campo **elettrico**
- tende ad opporsi a bruschi cambiamenti di tensione

- L'unità di misura: il farad

- $C = Q / V$ rapporto tra quantità di cariche immagazzinate e la tensione occorsa a farlo

- La relazione tra capacità, dimensioni e dielettrico (limitatamente agli aspetti qualitativi)

- la capacità di un condensatore è relativa (maggiore) a quanto maggiore è la superficie e minore è la distanza delle armature del dielettrico
- condensatori in parallelo si sommano, in serie $1/(1/C1 + 1/C2 + 1/C3...)$

- La reattanza

- la reattanza capacitiva si oppone al flusso della corrente alternata. Infinita in DC (0Hz), diminuisce con la frequenza. Misurata in Ohm
- $X_C \text{ (Ohm)} = 1/(2\pi f \cdot C)$

- Sfasamento tra tensione e corrente

- in AC la corrente è in **anticipo** sulla tensione di 90°

- Caratteristiche dei condensatori fissi e variabili: in aria, a mica, in plastica, ceramici ed elettrolitici

- ad aria: usati come tipi di capacità variabile
- a mica: angoli di perdita bassi e stabilità
- in plastica: per frequenze medio basse, alte tensioni di isolamento
- ceramici: impiegati nelle RF
- elettrolitici: capacità elevata in dimensioni contenute, poco stabili, polarizzati

- Coefficiente di temperatura

- coefficiente di temperatura: parti per milione per grado, capacità può aumentare o diminuire con la temperatura

- Corrente di fuga

- corrente (modestissima) che percorre un condensatore in funzione alla tensione applicata fra le armature

2.3 - Induttori

- Bobine d'induzione

- bobina di filo di rame avvolta attorno ad un bacchetta di ferrite

- L'unità di misura: l'henry

- induttanza, capacità di immagazzinare energia in un campo magnetico
- 1 H induttanza di un circuito quando 1 ampere genera un campo magnetico di 1 Weber
- 1 H induttanza di un circuito con una tensione di 1V e corrente che varia 1A **al secondo**
- si oppone alla variazione di corrente

- L'effetto sull'induttanza del numero di spire, del diametro, della lunghezza e della composizione del nucleo (limitatamente agli aspetti qualitativi)

- induttanza è data dalla corrente, dal numero di spire (direttamente prop.), dalla distanza delle spire (lunghezza) (inversamente prop.)
- $H = (N^2 \cdot l) / l$

- La reattanza

- reattanza induttiva (X_L): l'opposizione di un induttore alla circolazione di corrente alternata
- aumenta con la frequenza

- Sfasamento tra tensione e corrente

- corrente è in **ritardo** di 90°

- Fattore di merito

- è il rapporto tra la **reattanza** dell'elemento e la **resistenza globale** $Q = IX/RI$

- Effetto pelle

- la corrente alternata preferisce attraversare il conduttore distribuendosi sulla fascia periferica e superficie esterna, dove trova bassa reattanza

- Perdite nei materiali del nucleo

- la presenza di un nucleo all'interno di una bobina aumenta il flusso ma provoca delle perdite di potenza (il nucleo si scalda perché resiste alla corrente) e presenta inerzia al flusso magnetico in costante cambiamento

2.4 - Applicazione ed utilizzazione dei trasformatori

- Trasformatore ideali

- dispositivo che serve a trasferire dal primario al secondario un certo ammontare di potenza ($V \cdot I$) che nel trasferimento resta costante pur variando i singoli termini
- corrente primario è in opposizione di fase da quello secondario

- La relazione tra il rapporto del numero di spire e il rapporto delle tensioni, delle correnti e delle impedenze (limitatamente agli aspetti qualitativi)

- tra la **tensione** primaria e quella secondaria vi è lo stesso rapporto che esiste fra il numero di spire dei due avvolgimenti
- variando il rapporto di tensione/corrente viene variata anche l'impedenza
 - $Z_p = Z_s / n^2$
 - $n = \sqrt{Z_p / Z_s}$

- I trasformatori

- 2 induttori accoppiati, possono avere un nucleo magnetico in comune
- autotrasformatore: singola bobina con circuito secondario attaccato con una presa al circuito primario (singolo avvolgimento), si risparmia rame ma il secondo circuito non è isolato

2.5 - Diodo

- Utilizzazione ed applicazione dei diodi

- permette il passaggio di corrente in una sola direzione
- utilizzato come raddrizzatore
- tensione di soglia 0.6V

- Diodi di raddrizzamento, diodi Zener, diodi LED, diodi a tensione variabile e a capacità variabile (VARICAP)

- raddrizzatore a ponte: circuito a quattro diodi che convertono un'onda sinusoidale in una serie di onde tutte positive
- diodo zener: usato come stabilizzatore di tensione in un alimentatore (in parallelo con una resistenza), polarizzato inversamente ad un certo valore di polarizzazione (tensione di Zener) causa un brusco passaggio di corrente (valanga)
- diodi led: diodo emettitore di luce in polarizzazione diretta
- diodi a tensione variabile VARACTOR: simile al varicap, è utilizzato per distorcere il segnale e creare delle armoniche
- diodi a capacità variabile VARICAP: permette di ottenere variazioni di qualche pF spostando la polarizzazione di pochi V

- Tensione inversa, corrente, potenza e temperatura

- tensione inversa di picco: rappresenta la tensione inversa massima che può sopportare
- corrente massima: il più alto valore di corrente in conduzione
- potenza: massimo valore di potenza che può sopportare
- la caratteristica del diodo dipende dalla temperatura perché sia la tensione termica V_T sia la corrente inversa di saturazione I_s sono funzioni della temperatura. In particolare V_T è proporzionale alla temperatura, mentre I_s ha una dipendenza di tipo esponenziale e raddoppia per ogni incremento di circa 10 °C

2.6 - Transistor

- Transistor PNP e NPN

- semiconduttore formato da doppia giunzione (NPN o PNP)
- 3 terminali collettore, base e emettitore
- con una **modesta corrente** entro la giunzione base-emettitore si ottiene una **elevata corrente** collettore-emettitore (amplifica)
- per condurre la base deve essere positiva rispetto all'emettitore e negativa rispetto al collettore, tensione +0,6V tra base e emettitore

- Fattore di amplificazione

- detto beta, esprime l'**amplificazione** di corrente del transistor. Rapporto corrente collettore/base

- Transistor a effetto di campo

- detto FET, piccola barra di semiconduttore, tipicamente silicio a drogaggio N
- 3 terminali, drain, gate, source
- **impedenza altissima**
- variando la tensione (negativa) varia la corrente alterando la zona di svuotamento
- La polarizzazione del gate è data da una tensione negativa
- analogo al tubo a vuoto

- I principali parametri del transistor ad effetto di campo

- principali parametri: tensione max di gate, corrente max di drain, dissipazione max, resistenza di canale

- Il transistor nel circuito:

- utilizzato come amplificatore (di tensione o di corrente) e come adattatore d'impedenza

- a emettitore comune

- max amplificazione, alta impedenza d'ingresso, media impedenza di uscita, bassa freq.

- a base comune

- bassa impedenza di ingresso, impedenza uscita alta, amplificazione alta, alta frequenza

- a collettore comune

- impedenza di entrata altissima, impedenza uscita bassa, amplificazione < 1 (ma notevole corrente), alta freq. di impiego

- Le impedenze d'ingresso e di uscita nei suddetti circuiti

- vedi sopra

- I metodi di polarizzazione

- polarizzazione diretta: $+++P \rightarrow N---$: una giunzione si dice polarizzata direttamente quando viene applicato il solito segno di polarità diverso e ha bassa resistenza interna
- polarizzazione inversa: $---P \rightarrow N+++$: una giunzione si dice polarizzata inversamente quando viene applicato il segno di polarità opposto e ha alta resistenza interna

2.7 - Varie

- Dispositivo termoionico semplice (valvola)

- usato per amplificare piccoli segnali ma necessita di tensioni elevate per funzionare
- accetta carichi come una resistenza, un condensatore o un trasformatore
- triodo è catodo, anodo e griglia
- tensione su griglia controlla corrente tra catodo e anodo

- Circuiti numerici semplici

- 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)

3 - CIRCUITI

3.1 - Combinazione dei componenti

- Circuiti in serie e in parallelo di resistori, bobine, condensatori, trasformatori e diodi

- resistenze e reattanze in serie: Impedenza (Z) = $\sqrt{R^2 + X^2}$
- resistenze e reattanze in parallelo: $Z = R \cdot X / \sqrt{R^2 + X^2}$
- reattanze in serie: $X_T = X_L - X_C$
- reattanze in parallelo: $X_T = -X_L \cdot X_C / X_L - X_C$
- trasformatori: ???
- diodi: ???

- Corrente e tensione nei circuiti

- le reattanze (pure) introducono uno **sfasamento** pari a 90° (in più o in meno) fra tensione e corrente, mentre le resistenze (pure) **non provocano alcuna rotazione** di fase; ciascuno di questi componenti si oppone cioè alla corrente in un modo diverso.
- quando una reattanza ed una resistenza sono combinate fra di loro, l'angolo di fase con cui la corrente circola risulta di un **qualche valore compreso fra 0 e 90°** rispetto alla tensione applicata

- Impedenza

- la corrente in un circuito complesso (comprendente cioè resistenza e reattanze) **non può essere calcolata semplicemente sommando** fra di loro i valori di resistenza e reattanza perchè le reattanze introducono uno sfasamento.
- **L'effetto combinato** dei due termini reattivi e di quello resistivo è indicato col nome di impedenza e rappresentato col simbolo Z ; si misura in Ohm.

3.2 - Filtri

- Filtri serie e parallelo

- filtri: reti circuitali complesse, costituite da componenti quasi sempre reattivi, che presentano caratteristiche di **selettività**.
- serie: alla frequenza di risonanza si ha impedenza bassa e intensità di corrente massima. $X_L = X_C$ si eliminano e rimane R
- parallelo: **antirisonanza** o risonanza di tensione, alla frequenza di risonanza si ha impedenza alta, tensione massima ai suoi capi e corrente minima.

- Impedenze

- nei circuiti risonanti in serie, alla frequenza di risonanza l'impedenza è bassissima (solo R)
- nei circuiti risonanti in parallelo, alla frequenza di risonanza l'impedenza è altissima, rimane R il L

- Frequenze caratteristiche

- ???

- Frequenza di risonanza

- La frequenza di risonanza si ha quando $X_L = X_C$
 - $f_0 = 159 / \sqrt{L \cdot C}$

- Fattore di qualità di un circuito accordato

- in serie: è il rapporto tra la reattanza dell'elemento (di norma l'induttanza) e la resistenza globale di perdita
 - $Q = X/R$
- in parallelo: è il rapporto tra la potenza reattiva e quella resistiva
 - $Q = IL/IR$
- serie: più è grande R e meno è sensibile il picco di risonanza
- parallelo: più è piccolo R e meno è sensibile il picco di risonanza

- Larghezza di banda

- In un circuito LC, **la differenza fra le due frequenze rispettivamente a destra e sinistra della freq. di risonanza**, per le quali la tensione o la corrente (a seconda se è un circuito in parallelo o serie) subisce una **diminuzione del 30%** (dal 100% al 70%), è detta larghezza di banda (indicata con B)

- Filtro passa banda

- ???

- Filtri passa basso, passa alto, passa banda e arresta banda composti da elementi passivi

- passa basso: **elimina frequenze superiori** ad una certa frequenza di taglio
 - una o più induttanze in serie e uno o più condensatori in parallelo
- passa alto: **elimina frequenze inferiori** ad una certa frequenza di taglio
 - uno o più condensatori in serie e da una o più induttanze in parallelo
- passa banda: **lascia passare** frequenze tra f_1 e f_2 dove $f_1 < f_2$
 - si ottiene combinando un filtro PA con uno PB avente la frequenza di taglio (ft) del PA **inferiore** alla frequenza di taglio (ft) del PB
- arresta banda (**notch**): elimina frequenze tra f_1 e f_2 dove $f_1 < f_2$
 - si ottiene combinando un filtro PA con uno PB avente la frequenza di taglio (ft) del PA **superiore** alla frequenza di taglio (ft) del PB

- Risposta in frequenza

- E' la variazione del comportamento del circuito al variare della frequenza. Può anche essere considerata come la variazione del guadagno e della fase della funzione di trasferimento del circuito (Diagramma di Bode)

- Filtri a PiGreco e a T

- T: viene aggiunto un componente in orizzontale (es. C+CIIL)
- PiGreco: viene aggiunto un componente in verticale (es. C+LIIL)

- Cristallo a quarzo

- un cristallo di quarzo presenta le caratteristiche di un circuito in risonanza serie con un **elevato rapporto L/C** e un **altissimo Q** (di solito molte decine di migliaia e comunque maggiore di quello ottenibile coi migliori circuiti LC).
- disponibili in freq. da qualche centinaio di kHz a poco oltre i 20 MHz
- Le lastrine di quarzo devono essere montate fra due elettrodi metallici ed esercitandovi una pressione meccanica si manifesta agli estremi di tali assi la comparsa di cariche elettriche di segno opposto

3.3 - Alimentazione

- Circuiti di raddrizzamento a semionda e ad onda intera, raddrizzatori a ponte

- semionda: semplice circuito con **diodo** che blocca l'onda negativa
- onda intera: due diodi in uscita con trasformatore a doppio avvolgimento
- raddrizzatore a ponte: 4 diodi montati a ponte

- Circuiti di filtraggio

- condensatore posto in parallelo al carico (ingresso capacitivo). funziona da serbatoio tappando i buchi tra una semionda e l'altra

- Circuiti di stabilizzazione nell'alimentazione a bassa tensione

- circuito con diodo zener e resistenza in serie alla corrente erogata, oppure diodo zener che stabilizza la base di un transistor in emitter-follower

3.4 - Amplificatori

- Amplificatori a bassa frequenza e ad alta frequenza

- bassa frequenza: amplificatore con **emettitore, source o catodo comune**: viene usato per amplificazioni elevate su valori di impedenza abbastanza alti, il suo è esteso sia agli amplificatori di tensione che di potenza.
- alta frequenza: amplificatore con **base, griglia o gate comune**. molto stabile, viene usato per frequenze molto alte per le quali l'effetto di capacità ingresso/uscita sarebbe intollerabile. Oltre che come amplificatore di tensione viene usato anche come amplificatore di potenza a RF.

- Fattore di amplificazione

- il fattore di amplificazione è dato dal rapporto tra la tensione del segnale in uscita con la tensione del segnale in ingresso (beta)

- Caratteristica ampiezza/frequenza e larghezza di banda

- caratteristica ampiezza/frequenza: rappresenta l'andamento dell'amplificazione (o curva di risposta) in funzione della frequenza
- larghezza di banda: l'intervallo di frequenza entro cui la caratteristica amp.freq. ne indica il regolare funzionamento, cioè l'amplificazione rimane costante (costanza del fattore di amplificazione)

- Classi di amplificatori A, A/B, B e C

- Classe di lavoro A: angolo di **conduzione 360°**, rendimento del 30%, bassissima distorsione
- Classe di lavoro B: angolo di **conduzione 180°**, rendimento del 50%, bassa distorsione. (raddoppiando la tensione del segnale d'ingresso la potenza in uscita si quadruplica)
- Classe di lavoro AB: angolo di **conduzione tra 180° e 360°**
- Classe di lavoro C: angolo di conduzione $<180^\circ$, rendimento 70-75%, alta distorsione (alte frequenze)

- Armoniche (distorsioni non desiderate)

- un amplificatore **non lineare** può generare distorsioni indesiderate che si trasformano in armoniche, nel caso sia inevitabile è bene prevedere di filtrare il segnale ottenuto con circuiti risonanti.

3.5 - Rivelatori

- Rivelatori di modulazione di ampiezza

- a diodo per audio, bfo per CW ???

- Rivelatori a diodi

- composto da un diodo e un circuito RC. Il diodo elimina la parte di segnale negativa, il circuito RC filtra il segnale RF e rimane il segnale a BF

- Rivelatori a prodotto

- l'uscita corrisponde al prodotto dei due segnali entranti, il segnale SSB di una banda laterale più una portante sostitutiva di quella originaria che viene fornita dal BFO (Beat-Frequency-Oscillator). Il segnale rimanente viene convertito in audiofrequenza. questi rivelatori a prodotto possono essere costituiti da diodi (ovvero passivi) o da mosfet (ovvero attivi).

- Rivelatori di modulatori di frequenza

- discriminatore: **circuito di demodulazione usato per la FM**. deriva dalle relazioni di fase che esistono in un trasformatore che ha primario e secondario accordati. La deviazione di frequenza provoca uno spostamento nella fase dei due componenti che si traduce in un aumento di ampiezza nel secondario e una diminuzione nel primario, la differenza è il segnale audio.

- Rivelatori a pendenza

- **si utilizza un ricevitore AM per rilevare un segnale FM sintonizzando il segnale FM** in modo che la portante cada in una zona centrale del fianco della curva di selettività del ricevitore. Le variazioni di frequenza vengono convertite in variazioni di ampiezza.

- Discriminatore Foster-Seeley

- demodulatore per la FM

- Rivelatori per la telegrafia e per la banda laterale unica

- rivelatore CW: ??? BFO ???
- rivelatore SSB: rivelatore a prodotto

3.6 - Oscillatori

- Fattori che influiscono sulla frequenza e le condizioni di stabilità necessarie per l'oscillazione

- **cambiamenti istantanei di frequenza** dovuti a variazioni della tensione di alimentazione
- variazioni lente della frequenza causate dal **riscaldamento** di qualche componente;
- slittamenti di frequenza dovuti a **variazioni nel carico** applicato all'oscillatore;
- salti bruschi dovuti ad **instabilità meccanica** ed a insufficiente robustezza.

- Oscillatore LC

- un oscillatore è un **amplificatore che si autopilota**, cioè è autoeccitato.
- diversi tipi circuitali tra cui: oscillatore Meissner, Hartley, Colpitts.
- composto da circuito risonante, un amplificatore e una rete di reazione (o retroazione)

- Oscillatore a quarzo, oscillatore su frequenze armoniche

- oscillatore al quarzo: **mantiene la frequenza** di oscillazione costante e con un alto grado di precisione rispetto ad altri circuiti (alto Q)
- è possibile ottenere da un oscillatore al quarzo un modo di **vibrazione che esalta le armoniche** (normalmente la 3a) avviando in parte alla massima frequenza raggiungibile. da accoppiare con un circuito LC in uscita sintonizzato sull'armonica

3.7 - Circuiti ad aggancio di fase (PLL - Phase Lock Loop)

- Circuiti a PLL con circuito comparatore di fase

- circuito **per mantenere in fase due oscillatori**, paragona due frequenze (una a frequenza fissa es. quarzo e una controllata in tensione es. VFO) tramite un mixer usato come comparatore e modifica la tensione di controllo del VFO per mantenerli in fase.

4 - RICEVITORI

4.1 - Tipi di ricevitore

- Ricevitore a supereterodina semplice e doppia

- A una o più frequenze intermedie IF. Converte i segnali RF ricevuti in una frequenza di valore fisso e ben definito IF.
- consiste nel convertire tutti i segnali ricevuti, opportunamente sintonizzati ed eventualmente preamplificati (in genere con un solo stadio), ad un valore di frequenza fisso e ben definito IF
- supereterodina doppia ha 2 IF

4.2 - Schemi a blocchi

- Ricevitore CW (A1A)

- [Antenna] -> [ampl. RF] -> [(oscill. locale) -> mixer] -> [Filtro 500Hz] -> [ampl. IF] -> [(BFO)-> Rilev.] -> [Ampl. Audio]

- Ricevitore AM (A3E)

- [Antenna] -> [ampl. RF] -> [(oscill. locale) -> mixer] -> [Filtro 5+6kHz] -> [ampl. IF] -> [Ampl. Audio]

- Ricevitore SSB per telefonia con portante soppressa (J3E)

- [Antenna] -> [ampl. RF] -> [(oscill. locale) -> mixer] -> [Filtro 2,5kHz] -> [ampl. IF] -> [(BFO)-> Rilev.] -> [Ampl. Audio]

- Ricevitore FM (F3E)

- [Antenna] -> [amplificatore RF] -> [(oscill. locale) -> mixer] -> [Filtro 10+20kHz] -> [ampl. /limit] -> [discrim.] -> [Ampl. Audio]

4.3 - Descrizione degli stadi seguenti (limitatamente agli schemi a blocchi)

- Amplificatori in alta frequenza

- amplifica il segnale RF

- **Oscillatore fisso e variabile**

- genera l'onda **portante** sul quale viaggerà il segnale informativo vero e proprio

- **Miscelatore (Mixer)**

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

- **Amplificatore a frequenza intermedia**

- amplifica il segnale in uscita dal convertitore (mixer) o filtro

- **Limitatore**

- **elimina gli effetti disturbanti** della modulazione d'ampiezza eventualmente sovrapposta al segnale FM.

- **Rivelatore**

- combina il segnale di uscita dell'amplificatore IF con quello del BFO per **produrre un segnale udibile**

- **Oscillatore di battimento (BFO)**

- 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 $f_2 - f_1$
- circuito oscillatore che **reinserisce la portante** nel segnale per demodulare segnali SSB o CW

- **Calibratore a quarzo**

- oscillatore di alta stabilità e precisione (quarzo) che serve per **controllare (e confrontare) la frequenza** dei segnali entranti e quindi per eseguire le necessarie tarature.

- **Amplificatore di bassa frequenza**

- amplifica il segnale audio

- **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

- **Misuratore di livello di segnale in ingresso (S-meter)**

- **misura l'intensità di segnale RF** all'ingresso del ricevitore.

- **Silenziatore (squelch)**

- circuito che **inibisce il fruscio** in assenza di segnale

4.4 - Caratteristiche dei ricevitori (in forma descrittiva)

- **Protezione da canale adiacente**

- la capacità, per un ricevitore, di funzionare regolarmente anche in presenza di uno, o più forti segnali posti su frequenze molto prossime a quella di lavoro.

- **Selettività**

- La capacità di un ricevitore di **“selezionare” un segnale** fra quelli presenti nella banda

- **Sensibilità**

- la capacità di captare segnali molto **deboli**

- **Stabilità**

- l'attitudine a **rimanere sintonizzato** su un segnale fisso

- Frequenza immagine

- è la frequenza **somma** della frequenza di oscillatore locale più frequenza intermedia quando l'oscillatore locale del supereterodina converte la frequenza **differenza** e viceversa.
- la freq. immagine è "lontana" $2 \times IF$ dalla freq. sintonizzata. Se in più o in meno, dipende se l'oscillatore locale è sopra o sotto il segnale ricevuto.

- Intermodulazione; transmodulazione

- distorsione da intermodulazione (IMD): effetto dal sovraccarico consiste nella comparsa del segnale indesiderato **in più posizioni** della sintonia del ricevitore, provocato dai prodotti anomali elaborati in particolare dallo stadio convertitore anche se il segnale disturbante è molto fuori sintonia.
- transmodulazione (modulazione incrociata): si manifesta con la modulazione di un segnale molto forte (anche se su frequenza lontana) che compare **sopra** il segnale più debole. il suono del segnale forte viene sovrapposto al segnale debole.

5 - TRASMETTITORI

5.1 - Tipi di trasmettitori

- Trasmettitori con o senza commutazione di frequenza

- ????

- Moltiplicazione di frequenza

- un circuito elettronico che genera un'uscita segnale la cui uscita in frequenza è una armonica (multiplo) della sua frequenza di ingresso.

5.2 - Schemi a blocchi

- Trasmettitori telegrafici in CW (A1A)

- [oscill. variabile] -> [(oscill. xtal)->mixer] -> [ampl. potenza] -> [antenna]

- Trasmettitori in banda laterale unica (SSB) a portante soppressa (J3E)

[oscill. xtal] -> [(amplif. bf) -> modul. bilanc] -> [filtro] -> [(oscill. var) -> 1° conv] -> [(oscill. xtal) -> 2° conv] -> [ampl. lineare] -> [antenna]

- Trasmettitori in modulazione di frequenza (F3E)

[ampl. audio] -> [filtro elimn] -> [modulat. reatt. (fase)] -> [oscill] -> [moltip] -> [moltip] -> [ampl. potenza] -> [antenna]

5.3 - Descrizione degli stadi seguenti (limitatamente agli schemi a blocchi)

- Miscelatore (Mixer)

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

- Oscillatore

- genera l'onda portante sul quale viaggerà il segnale informativo vero e proprio

- Eccitatore (buffer, driver)

- amplificazione di potenza modesta (pilota o driver) (p.165)

- Moltiplicatore di frequenza

- un circuito elettronico che genera un'uscita segnale la cui uscita in frequenza è una armonica (multiplo) della sua frequenza di ingresso.

- Amplificatore di potenza

- amplifica il segnale RF per essere irradiato

- Filtro di uscita (filtro a pigreco)

- filtro d'uscita per evitare/attenuare sensibilmente eventuali prodotti spurii presenti. (p.165)

- Modulatore di frequenza

- imprime alla portante le informazioni da trasmettere.

- Modulatore SSB

- Modulatore bilanciato: manipola la portante a RF e l'informazione audio in modo da rendere disponibili all'uscita ambedue le bande laterali, ma non la portante. (p. 151)

- Modulatore di fase

- provvede a variare la sintonia del circuito risonante dell'oscillatore a quarzo, dando così luogo ad una variazione nella fase della corrente che attraversa lo stesso. (p. 183)

- Filtro a quarzo

- filtro ad alta selettività per eliminare la frequenza immagine

5.4 - Caratteristiche dei trasmettitori (in forma descrittiva)

- Stabilità di frequenza

- spostamenti della frequenza dell'onda portante sono indesiderati, l'oscillatore dovrà essere scelto e realizzato in modo tale da presentare una sufficiente stabilità della sua frequenza di oscillazione. (p.166)

- Larghezza di banda in alta frequenza

- CW: 500hz
- AM: 5-6kHz
- FM: 10-20kHz
- SSB: 2-3Khz

- Bande laterali

- vedi 1.8

- Banda di frequenze audio

- tra 300 Hz e 3400 Hz

- Non linearità

- se i segnali non sono elaborati uniformemente al variare della loro ampiezza si verifica una non linearità.

- Impedenza di uscita

- ??? del trasmettitore? 75ohm?

- Potenza di uscita

- è la grandezza in watt della potenza di uscita a RF dell'amplificatore, si misura con un carico fittizio adeguato

- Rendimento

- ???

- Deviazione di frequenza

vedi 1.8

- Indice di modulazione

vedi 1.8

- Clicks di manipolazione CW

- Quando la manipolazione telegrafica avviene producendo interruzioni con fronti d'onda molto ripidi e squadrati, la nota ricevuta risulta disturbata da rumori di tipo metallico. (p.166)

- Irradiazioni parassite

- battimenti e combinazioni indesiderate, dovute a non linearità di certi stadi o insufficienti schermature. (p.166)

- Irradiazioni della struttura (cabinet radiations)

- la struttura metallica di contenimento dell'apparato (specie se non collegata a terra) si comporta come elemento radiante (ovvero antenna) di emissioni indesiderate, cioè irradiazioni del contenitore e della struttura. (p.166)

6 - ANTENNE E LINEE DI TRASMISSIONE

6.1 - Tipi di antenne

- Dipolo a mezzonda alimentato al centro

- tipo di antenna formata da due conduttori di eguale lunghezza, situati sulla stessa linea e alimentati contemporaneamente nel punto medio.
- risuona (pur se in modo pronunciato) anche sulle armoniche.
- $l (1/2 \text{ onda}) = 150 / f$
- 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

- Dipolo a mezzonda alimentato all'estremità - Dipolo ripiegato

la lunghezza effettiva del conduttore è λ , ma esso risulta ripiegato in modo da "ingombrare" per $\lambda/2$ (con modesta distanza fra i due fili). la resistenza è circa 4x dipolo normale (250-300 Ohm)

- Antenna verticale in quarto d'onda

- nel caso una delle due estremità sia collegata a terra, con l'antenna stessa posta in verticale, il potenziale del punto a terra diventa come quello della terra, ovvero zero, perché la terra può considerarsi un sistema a resistenza nulla e quindi anche il suo punto di collegamento
- 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 (radiali)

- Antenne con riflettore e/o direttore (Yagi)

- 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 λ

- Antenne paraboliche

- utilizzate per le microonde, guadagni elevatissimi
- un radiatore (tipicamente un dipolo a mezz'onda con riflettore) viene posto nel fuoco di una "scodella" a profilo parabolico di rigandone l'energia irradiata verso tale riflettore, se ne ottiene un fascio piuttosto stretto, e quindi una direttività molto accentuata.
- Le dimensioni del disco parabolico influiscono solo sul guadagno ottenibile da questo tipo di antenna

- Dipolo accordato

- ???

6.2 - Caratteristiche delle antenne

- Distribuzione della corrente e della tensione lungo l'antenna

- ogni punto dell'antenna è interessato da un diverso valore di tensione e corrente e quindi da un diverso valore del loro rapporto, pertanto l'impedenza è differente in ogni punto risultando minima al centro di un dipolo a 1/2 onda e massima ai suoi estremi

- Impedenza nel punto di alimentazione

- l'elemento radiante a mezz'onda può venire alimentato, anziché al centro (come nel caso del dipolo classico), anche ad una delle estremità; in tal caso l'impedenza di alimentazione avrà un valore ben diverso (cioè molto elevato), talché è necessario interporre, fra conduttore e linea (non risonante) un opportuno sistema di adattamento/accordo. (p.203)

- Impedenza capacitiva o induttiva di un'antenna non accordata

- se l'antenna vien fatta funzionare su frequenza lontana da quella di risonanza, essa presenta impedenza di alimentazione capacitiva o induttiva, che va compensata. (p.203)

- Polarizzazione

- piano di polarizzazione: un'antenna è a polarizzazione orizzontale se il conduttore che la costituisce è teso orizzontalmente; è invece a polarizzazione verticale se esso è montato verticalmente. (p.195)

- Guadagno d'antenna

- è il rapporto tra la potenza irradiata nella direzione di irradiazione massima dell'antenna stessa e la potenza irradiata da un'antenna di riferimento
- si misura in
 - dBd (rispetto a un dipolo)
 - dBi (rispetto ad un antenna isotropica)

- Potenza equivalente irradiata (e.r.p.)

- La potenza effettiva irradiata è la potenza irradiata dall'antenna nella sua direzione centrale con riferimento al dipolo. P
- potenza reale disponibile nella direzione di massima irradiazione; (p. 208) ### - Rapporto avanti-dietro
- è il rapporto tra la potenza irradiata nella direzione di massimo guadagno e quella irradiata in direzione opposta

- Diagrammi d'irradiazione nei piani orizzontale e verticale

- è la rappresentazione tridimensionale del guadagno della stessa
- orizzontale: ???
- verticale: ???

6.3 - Linee di trasmissione

- Linea bifilare

- La tipica linea bilanciata è la cosiddetta linea aperta bifilare, o nella vecchia versione "a nastro" di tipo TV (generalmente 300Ohm)

- Cavo coassiale

- La tipica linea sbilanciata è il cavo coassiale, che può avere lo schermo esterno direttamente collegato a terra: si tratta della linea di trasmissione di più largo impiego, elevata efficienza e facilità di installazione

- Guida d'onda

- ???

- Impedenza caratteristica

- il comportamento non riflettente di una linea infinitamente lunga può ottenersi in modo identico da una linea di lunghezza finita e qualsiasi, purché essa sia chiusa, all'estremo opposto al generatore, su un certo valore di resistenza, uguale alla cosiddetta impedenza caratteristica della linea stessa

- Velocità di propagazione

- risultanti su tutte le componenti sinusoidali subiscono lungo la linea uguale attenuazione e uguale velocità di propagazione, si suddivide in "costante di attenuazione" e dovrebbe essere il più possibile indipendente dalla frequenza e "costante di fase" che dovrebbe essere variabile linearmente con la frequenza.

- Rapporto di onda stazionaria

- il rapporto fra un valore massimo ed uno minimo di tensione (o di corrente, è lo stesso) che fornisce il modo più semplice per definire il funzionamento di un sistema d'antenna e accessori connessi: il cosiddetto rapporto di onda stazionaria (abbreviato in ROS).
- equivalente al rapporto fra l'impedenza caratteristica della linea e la resistenza del carico (o viceversa, a seconda se è più alta la prima o la seconda).

- Perdite

- ???

- Bilanciatore (balun)

- trasformatore bilanciato-sbilanciato, ha lo scopo di isolare l'estremo del conduttore esterno della linea coassiale (altrimenti a terra), consentendo il collegamento al carico bilanciato. (p.200)

- Linea in quarto d'onda (impedenza)

- adattatore di impedenza avente lunghezza (elettrica) pari ad $1/4$ della lunghezza d'onda della frequenza di lavoro. La sua impedenza dovrà essere pari alla media aritmetica delle impedenze delle due linee da adattare Z_1 e Z_2 ; sarà allora $Z = \sqrt{Z_1 \cdot Z_2}$ (p.201)

- Trasformatore di linea

- semplice dispositivo passivo che permette di adattare fra di loro linee o apparati di impedenza e tipologie diverse. (p.201)

- Linee aperte e chiuse come circuiti accordati

- Spezzoni di linee aventi lunghezze opportune possono comportarsi come veri e propri circuiti accordati a seconda che siano lasciati aperti o che siano chiusi in cortocircuito.
- si comportano come dispositivi la cui reattanza, alla frequenza di risonanza, è funzione del carico su cui vengono "terminati", nonché della lunghezza dei vari tipi di linea, indipendentemente dalla loro impedenza caratteristica.

- Sistemi di accordo d'antenna

- consente il collegamento diretto della linea di alimentazione RF all'antenna (specie se direttiva) può avere diverse caratteristiche costruttive
- delta-match, t-match, gamma match a capacità variabile, gamma match a ponticello mobile.

7 - PROPAGAZIONE

- Strati ionosferici

- STRATO D: dai 50 ai 90 km di altezza è poco determinante per la deviazione verso terra delle onde ad alta frequenza. Riflette quasi totalmente le onde tra i 3 e 300 kHz (VLF-LF) soprattutto di giorno.
- STRATO E: fra i 100 e 150 km di altezza, influisce nettamente sui collegamenti a lunga distanza. Riflette di giorno tra i 90-130 km le onde tra i 3 e 30 MHz (HF) e di notte tra i 100-150 km quelle tra i 30 e 3000 kHz (LF-MF).

- STRATO F: determinante per le radiocomunicazioni nelle ore notturne circa dai 160 ai 410 km, di giorno si suddivide nello strato F1 circa dai 130 ai 240 km e nello strato F2 circa dai 240 ai 410 km di altezza.

- Frequenza critica

- la massima frequenza che viene riflessa per incidenza verticale nella ionosfera

- Massima frequenza utilizzabile (MUF)

- 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

- Influenza del sole sulla ionosfera

- è l'elemento più importante che determina le caratteristiche della propagazione ionosferica
- presenza durante il giorno (ionizzazione)
- inclinazione stagionale
- maggiore attività (macchie solari, ciclo undecennale)

- Onda di suolo, onda spaziale, angolo di irradiazione, riflessioni

- L'onda di terra (o diretta) è quella che si propaga (almeno nella prima parte del suo percorso) parallelamente alla superficie terrestre, restando cioè entro la troposfera (il livello più basso dell'atmosfera), e si propaga prevalentemente con polarizzazione verticale, senza che vi si manifestino riflessioni di un qualche rilievo; ci si verificano invece notevoli attenuazioni di percorso.
- L'onda di spazio (ovvero soggetta a riflessione ionosferica) è soggetta a rientrare nell'atmosfera secondo angoli piuttosto elevati sull'orizzonte; tale comportamento è dovuto all'effetto speculare degli strati ionizzanti.
- angolo di riflessione, l'angolo formato sia dall'onda di partenza incidente sullo strato interessato sia dall'onda riflessa da quest'ultimo verso la superficie terrestre.
- Riflessione sporadica dello strato E. Per particolari condizioni di irradiazione solare ed in occasione della formazione di "zone" di accumulo (ad opera di "venti" in alta atmosfera) di polveri metalliche, si possono attivare ionicamente lenti riflettenti corrispondenti alle quote di strato E. Questo fenomeno si manifesta per brevi periodi specialmente nella stagione estiva, e in corrispondenza di esso diventano possibili collegamenti a lunga distanza con basse potenze e (specialmente) in VHF, con risultati altrimenti non raggiungibili con normale propagazione.
- riflessioni: ???

- Affievolimenti (fading)

- due (o più) onde che si sommano nel punto di ricezione, non siano per niente in concordanza di fase, o lo siano solo in certi istanti. il ricevitore accusa variazioni brusche o lente del segnale ricevuto, fino addirittura al suo annullamento
- quando, dallo stesso punto di origine, due o più onde fanno percorsi diversi e giungono nello stesso punto di ricezione ci saranno ritardi e sfasamenti che causano brusche variazioni di segnale nel ricevitore

- Troposfera

- il livello più basso dell'atmosfera (dal suolo si estende fino a 10-15 km)

- Influenza dell'altezza delle antenne sulla distanza che può essere coperta (orizzonte radioelettrico)

- la caratteristica delle frequenze sopra i 30Mhz, dove qualsiasi ostacolo tra l'antenna trasmittente e l'antenna ricevente bloccherà il segnale, per cui la capacità di vedere l'antenna trasmittente corrisponde approssimativamente alla capacità di ricevere il segnale
- orizzonte radioelettrico: il punto di propagazione più lontano possibile.

- Inversione di temperatura

- Inversioni di temperatura. In presenza di particolari condizioni fisico/meteorologiche ed in zone particolari (segnatamente la superficie del mare), si viene spesso a creare una discontinuità nel normale andamento della temperatura, che tende a calare con la quota. Quando si verifica questa inversione del normale gradiente termico, si può anche verificare, specialmente attivo per frequenze elevate, una sorta di "condotto d'onda" le cui superfici di discontinuità riflettono le onde radio incidenti portandole a compiere percorsi altrimenti non realizzabili.

- Riflessione sporadica sullo strato E

- Per particolari condizioni di irradiazione solare ed in occasione della formazione di "zone" di accumulo (ad opera di "venti" in alta atmosfera) di polveri metalliche, si possono attivare ionicamente lenti riflettenti corrispondenti alle quote di strato E. Questo fenomeno si manifesta per brevi periodi specialmente nella stagione estiva, e in corrispondenza di esso diventano possibili collegamenti a lunga distanza con basse potenze e (specialmente) in VHF, con risultati altrimenti non raggiungibili con normale propagazione.

- Riflessione aurorale

- Nelle regioni polari, in corrispondenza di tempeste, e quindi di emissioni solari, si verificano combinazioni fra questi fenomeni ed il campo magnetico terrestre che possono provocare sia l'effetto visivo delle aurore boreali (o australi) sia intense perturbazioni elettromagnetiche che favoriscono la riflessione di onde radio verso zone della superficie terrestre altrimenti non raggiungibili a frequenze molto alte e con potenze molto basse.

8 - MISURE

8.1 - Principi sulle misure

Misure di:

- Tensioni e correnti continue ed alternate

- amperometro: è un dispositivo a bassa resistenza interna che misura l'intensità di corrente che lo attraversa e quindi è collegato in serie al circuito. $R_{shunt} = (A \text{ fondo scala attuali} \cdot R_{interna}) / (A \text{ fondo scala voluti} - A \text{ fondo scala attuali})$.
- voltmetro: è un dispositivo ad alta resistenza interna che misura la differenza di tensione tra due punti e quindi viene collegato in parallelo al circuito. Calcolo resistenza di shunt da mettere in parallelo: $R_{shunt} = (V \text{ fondo scala voluti} / I \text{ fondo scala attuali}) - R_{interna}$

- Errori di misura

- ???

- Influenza della frequenza

- Nel caso si effettuino misure su segnali a RF, occorre accertarsi che lo strumento impiegato abbia una banda passante operativa sufficiente- mente ampia, tale comunque da introdurre atte nuazioni, e quindi errori, sui valori rilevati. Tali misure possono essere influenzate, e talvolta anche esaltate, dal verificarsi di una risonanza su una qualche frequenza nella gamma di lavoro, segnatamente localizzata negli stadi d'ingresso dello strumento in uso.

- Influenza della forma d'onda

- Qualora si abbia sotto misura una grandezza alternata la cui forma d'onda sia diversa dall'andamento sinusoidale standard, il valore indicato sul dispositivo di lettura può esserne anche notevolmente influenzato, con conseguente percentuale di errore tutt'altro che trascurabile.

- Influenza della resistenza interna degli apparecchi di misura

- Quando si tratta di misurare tensioni su certi punti di un circuito, la resistenza (d'ingresso) dello strumento di misura può non essere sufficientemente elevata da non "caricare" lo stadio cui è posta in parallelo, venendosi così ad alterare (o meglio ridurre) il valore rilevato. Se invece si tratta di misure correnti che scorrono in un circuito o apparato, la resistenza interna dello strumento può essere eccessivamente elevata (o comunque non trascurabile), venendosi così a verificare cadute di tensione che alterano la misura in atto.

- Resistenza

- Sfruttando la legge di Ohm, è possibile pure effettuare la misura di resistenze incognite; se infatti, tramite una pila, viene fatta scorrere una corrente entro la resistenza incognita da misurare, nota la tensione della pila, la corrente è inversamente proporzionale alla resistenza e lo strumento può così avere la scala tarata direttamente in ohm.

- Potenza in continua e in alta frequenza (potenza media e di cresta)

- Ove si tratti di misure di potenza su un segnale a RF consistente in una sola portante (cioè esente da modulazione), indicando con V_p il valore di picco della tensione di segnale, la sua potenza media sarà calcolabile da: $P_m = V_{eff}^2 / R$

- Ove invece il segnale sia modulato, esso sarà variamente influenzato (in forma come in valore) dalla modulazione, con valori estremamente variabili della potenza di picco, o **potenza di cresta** che risulterà estremamente variabile nel tempo in modo scorrelato rispetto a potenza efficace e potenza media.

- Rapporto di onda stazionaria

- In misure lungo linee di trasmissione, la presenza di ROS (specialmente se elevati) può introdurre errori di misura per la presenza di ventri e nodi delle tensioni e correnti presenti, che vi sovrappongono.

- Forma d'onda dell'involuppo di un segnale in alta frequenza

- la forma d'onda dell'involuppo di modulazione conseguente ad un valore continuamente variabile nel tempo non consente una misura attendibile della potenza di cresta, se non per valori istantanei o in presenza di una nota continua.

- Frequenza

- ???

- Frequenza di risonanza

- ???

8.2 - Strumenti di misura

Pratica delle operazioni di misura:

- ???

- Apparecchi di misura a bobina mobile

- bobinetta molto leggera, che può ruotare essendo imperniata con minimo attrito. tale bobina è inserita fra le espansioni polari di un magnete permanente, e ne è quindi immersa nel campo. La corrente da misurare vien fatta passare attraverso la bobina mobile, creando quindi un campo che, contrasta con quello permanente preesistente; si origina cioè una forza che costringe la bobina ad eseguire una rotazione angolare che riporta la reazione delle molle in equilibrio con la forza stessa. Questa rotazione angolare è proporzionale alla corrente in oggetto

- Apparecchi di misura multigamma

- strumenti che, con la possibilità di selezionare diversi valori di fondo scala mediante opportuni dispositivi selettori o commutatori, consentono di effettuare misurazioni di varie grandezze entro ampie gamme di valori

- Riflettometri a ponte

- ???

- Contatori di frequenza

- ???

- Frequenzimetro ad assorbimento

- ???

- Ondametro ad assorbimento

- circuiti risonanti calibrati, dotati cioè di una specifica scala di taratura in frequenza e di un qualche sistema (piccola lampada o microamperometro in c.a.) per indicare quando l'assorbimento di energia dal circuito sotto misura è al massimo, cioè la frequenza misurata coincide con quella di calibrazione.

- Oscilloscopio

- L'oscilloscopio a raggi catodici è uno strumento che consente l'esame visivo dei più svariati fenomeni elettrici che spaziano dalla corrente continua finanche a qualche migliaio di MHz. Si possono osservare variazioni istantanee di tensione, corrente e fase la cui durata sia sufficiente a produrre un segnale che possa impressionare il nostro occhio; meglio, si può esaminare una qualsiasi variabile (naturalmente, entro i limiti di sensibilità e di frequenza dello strumento) che possa essere convertita in un potenziale elettrico.

9 - DISTURBI E PROTEZIONE

9.1 - Disturbi degli apparecchi elettronici

- Bloccaggio

- bloccaggio o silenziamento, cioè la desensibilizzazione del ricevitore in quanto il forte livello del segnale sposta automaticamente le polarizzazioni degli stadi fino a bloccarli: ciò risulta evidentemente dannoso nel ricevere segnali deboli.

- Disturbi con il segnale desiderato

- modulazione incrociata (o transmodulazione), e si manifesta con la modulazione di un segnale molto forte (anche se su frequenza lontana) che compare sopra il segnale più debole che si sta sintonizzando; in altre parole, il suono appartenente al segnale forte viene sovrapposto al messaggio debole, col risultato dell'incomprensibilità.

- Intermodulazione

- distorsione da intermodulazione (IMD); esso consiste nella comparsa del forte segnale, indesiderato e disturbante, in più posizioni della sintonia del ricevitore, ed il fatto è provocato dai prodotti anomali elaborati in particolare dallo stadio convertitore (ma non solo da esso), che passano di conseguenza agli stadi successivi, anche se il segnale disturbante è molto fuori sintonia.

- Rivelazione nei circuiti audio

- In presenza di campi elettromagnetici particolarmente forti, gli apparati più sensibili possono demodulare, nonché amplificare, il segnale a RF, e comunque può verificarsi rivelazione direttamente nei circuiti audio; adeguata schermatura e filtraggio possono ovviare a questi inconvenienti.

9.2 - Cause dei disturbi degli apparecchi elettronici

- Intensità di campo del trasmettitore

- L'intensità di campo emessa dall'antenna, funzione della potenza del trasmettitore e del guadagno dell'antenna stessa, quando è particolarmente elevata ed in prossimità del sistema radiante, può assumere valori tanto elevati da superare i valori limite tollerati dalle apparecchiature circostanti per il loro regolare funzionamento; per questo non dimentichiamo che il valore del campo irradiato decresce con l'aumentare della distanza dal punto di irradiazione, e ciò avviene col quadrato di tale distanza.

- Irradiazioni non essenziali del trasmettitore (irradiazioni parassite, armoniche)

- Irradiazioni parassite e armoniche possono altresì essere presenti nel segnale irradiato da un trasmettitore; tali spurie sono imputabili ad inadeguato funzionamento, o comunque realizzazione, degli stadi generatori, dei mixer o degli amplificatori (specie di potenza) dell'apparato trasmittente.

- Effetti non desiderati sull'apparecchiatura

- Gli effetti indesiderati sull'apparecchiatura soggetta ai suddetti disturbi possono essere in quadrati nell'ampia casistica della compatibilità elettromagnetica (o EMC), ed essere attribuiti: all'irraggiamento diretto, ovvero alla formazione di forti campi elettromagnetici (come esaminato poc'anzi);

- all'ingresso d'antenna

- all'ingresso del lato antenna, cioè sulla linea di trasmissione tra apparecchio ricevente e sistema d'antenna, su cui vengono indotti i più forti segnali di disturbi;

- su altre linee di connessione

- all'ingresso su altre linee di connessione, tipicamente cavi di alimentazione dell'energia elettrica o fra le varie apparecchiature costituenti una stazione ricevente.

- per irraggiamento diretto

- la formazione di forti campi elettromagnetici

9.3 - Protezione contro i disturbi

- Misure per prevenire ed eliminare i disturbi

- Per eliminare questi tipi di interferenze può servire un'appropriata schermatura o un adatto filtraggio;

- Filtraggio

- ottenibile interponendo appositi circuiti LC (opportunamente risonanti) lungo le linee di segnale e di alimentazione;

- Disaccoppiamento

- ottenuto interponendo lungo le linee opportuni dispositivi che separino tra di loro le linee di alimentazione da quella di segnale;

- Schermatura

- provvedendo all'effettuazione di opportune schermature che proteggano i circuiti più semplici da eventuali campi elettromagnetici presenti, o comunque adottando cavi di collegamento fra i vari circuiti o unità costituenti gli apparecchi che siano di tipo schermato.

10 - PROTEZIONE ELETTRICA

- Il corpo umano

- se il corpo umano (o parte di esso) viene sottoposto ad una differenza di potenziale, inevitabilmente esso permette il passaggio di una certa quantità di corrente elettrica. Il passaggio di tale corrente può produrre effetti anche molto dannosi, o addirittura letali, a seconda delle modalità di contatto con la sorgente di d.d.p. e delle sue caratteristiche;
- 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

- Sistemi di alimentazione

- I sistemi di alimentazione degli apparati radio elettrici costituenti le stazioni radioamatoriali (vale a dire la normale rete di distribuzione di energia) devono essere realizzati in modo da rispondere alle norme previste per tali impianti, alla protezione contro i contatti che possono avvenire accidentalmente ed in particolare alle norme di messa a terra.

- Alte tensioni

- Sia negli apparati costituenti le stazioni di radioamatore sia nella strumentazione di corredo sono spesso presenti elevati valori di tensione, e questo vale particolarmente per gli stadi finali di potenza a RF e sui relativi circuiti di alimentazione. Devono quindi essere messe in atto accurate misure di protezione sia per le cosiddette "scosse elettriche" sia per le ustioni che parimenti ne possono nascere.

- Fulmini

- I fulmini sono fenomeni atmosferici intensissimi che si manifestano con conseguenze particolarmente pericolose come fortissime scariche elettriche fra nuvole temporalesche e la Terra; le tensioni in ballo sono elevatissime e le correnti che ne conseguono, che sono cioè presenti all'interno della scarica elettrica, possono raggiungere intensità anche ben superiore a migliaia di ampere.

B - REGOLE E PROCEDURE D'ESERCIZIO NAZIONALI ED INTERNAZIONALI

1 - ALFABETO FONETICO

A: ALFA
 B: BRAVO
 C: CHARLIE
 D: DELTA
 E: ECHO
 F: FOXTROT
 G: GOLF
 H: HOTEL
 I: INDIA
 J: JULIET
 K: KILO
 L: LIMA
 M: MIKE
 N: NOVEMBER
 O: OSCAR
 P: PAPA
 Q: QUEBEC
 R: ROMEO
 S: SIERRA
 T: TANGO
 U: UNIFORM
 V: VICTOR
 W: WHISKEY
 X: X-RAY
 Y: YANKEE
 Z: ZULU

2 - CODICE Q

CODICE	SIGNIFICATO	CODICE	SIGNIFICATO
QRA	Nominativo	QRB	Distanza
QRG	Frequenza <i>esatta</i>	QRH	<i>Variazione</i> di frequenza
QRI	tonalità 1(buona)-2(variabile)-3(cattiva)	QRK	comprensibilità 1(cattiva)-2(mediocre)- 3(abb. buona)-4(buona)- 5(ottima)
QRL	stazione impegnata	QRM	Disturbi
QRN	Disturbi <i>atmosferici</i>	QRO	Aumento potenza
QRP	Diminuzione di potenza	QRQ	(QUICK) Aumento <i>velocità</i> di trasmissione
QRS	(SLOW) Diminuire <i>velocità</i> di trasmissione	QRT	sospendere trasmissione
QRU	non ho nulla da comunicare	QRV	stazione pronta
QRX	sospendo temporaneamente	QRZ	stazione chiamata
QSA	intensità segnale 1(appena percettibile)-2(debole)-3(abb. buona)-4(buona)-5(ottima)	QSB	fading
QSD	manipolazione CW difettosa	QSK	posso sentirti tra i miei segnali
QSL	ricevuto manderò conferma	QSM	ripeti ultima frase
QSN	ascolto il tuo segnale	QSO	comunicare
QSS	frequenza di lavoro	QSX	Stare in ascolto
QSY	cambiare frequenza	QTC	messaggio
QTH	posizione	QTR	ora esatta

3 - ABBREVIAZIONI OPERATIVE UTILIZZATE NEL SERVIZIO DI RADIOAMATORE

- AR: Fine della trasmissione
- BK: Segnale utilizzato per interrompere una trasmissione in atto (break)
- CQ : Chiamata a tutte le stazioni
- CW : Onda continua - Telegrafia
- K : Invito a trasmettere
- MSG: Messaggio
- PSE: Per favore
- RST: Intelligibilità, forza del segnale, tonalità
- R : Ricevuto
- RX : Ricevitore
- SIG: Segnale
- TX : Trasmettitore
- UR: Vostro

4 - SEGNALI INTERNAZIONALI DI SOCCORSO, TRAFFICO IN CASO DI URGENZA E COMUNICAZIONI IN CASO DI CATASTROFI NATURALI

- Segnali di soccorso:

- ???

- radiotelegrafia ...—... (SOS)

- ???

- radiotelegrafia "MAYDAY"

- ???

- Risoluzione n. 640 del Regolamento delle Radiocomunicazioni dell'UIT

- ???

- Utilizzazione internazionale di una stazione di radioamatore in caso di catastrofi naturali

- L'Autorità competente può, in caso di pubblica calamità o per contingenze particolari di interesse pubblico, autorizzare le stazioni di radioamatore ad effettuare speciali collegamenti oltre i limiti stabiliti dall'articolo 134.

- Bande di frequenze attribuite al servizio di radioamatore per le catastrofi naturali

- ???

5 - INDICATIVI DI CHIAMATA

- Identificazione delle stazioni di radioamatore

- 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

- Utilizzazione degli indicativi di chiamata

- il nominativo deve essere ripetuto: all'inizio e alla fine delle trasmissioni, ogni 5 minuti, in ogni pacchetto per digitale

- Composizione dell'indicativo di chiamata

- Prefisso (IU2) + suffisso personale (ZZZ).

- **Prefissi nazionali**

- in base alla regione

6 - PIANI DI FREQUENZE DELLA IARU

- **Piani di frequenze della IARU**

- ???

- **Obiettivi**

- ???

C - REGOLAMENTAZIONE NAZIONALE E INTERNAZIONALE DEI SERVIZI DI RADIOAMATORE E DI RADIOAMATORE VIA SATELLITE

1 - REGOLAMENTO DELLE RADIOCOMUNICAZIONI DELL'UIT

- **Definizione del servizio di radioamatore e del servizio di radioamatore via satellite**

- L'attività di radioamatore consiste nell'espletamento di un servizio, svolto in **linguaggio chiaro**, o con l'uso di codici internazionalmente ammessi, **esclusivamente su mezzo radioelettrico** anche via satellite, di istruzione individuale, di intercomunicazione e di studio tecnico, effettuato da persone che abbiano conseguito la relativa autorizzazione generale e che si interessano della tecnica della radioelettricità radioelettricità a **titolo esclusivamente esclusivamente personale senza alcun interesse di natura economica**.

- **Definizione della stazione di radioamatore**

- **Articolo S25 del Regolamento delle Radiocomunicazioni**

- Radioamatori possono essere presenti nelle comunicazioni di emergenza in seguito a CATASTROFE NATURALE, ma ne lasciano la gestione alle normative dei singoli Stati membri.

- **Bande di frequenze del servizio di radioamatore e relativi statuti**

- ???

- **Regioni radio dell'UIT**

- regione 1: Europa, Africa, Asia Settentrionale (Russia)
- regione 2: America del Nord, America del sud, groenlandia
- regione 3: asia meridionale e oceania

2 - REGOLAMENTAZIONE DELLA CEPT

- **Raccomandazione TR 61-02**

- rende possibile per le varie Amministrazioni CEPT rilasciare il Certificato HAREC, che significa Harmonized Amateur Radio Examination Certificate.

- **Raccomandazione TR 61-01**

- riconoscimento di "Licenza di Radioamatore della CEPT", rese possibile per i Radioamatori degli Stati sottoscrittori operare per breve tempo da altri Stati aderenti senza chiedere licenze temporanee

- **Utilizzazione temporanea delle stazioni di radioamatore nei Paesi CEPT**

- Ai cittadini dei membri dei paesi CEPT in possesso di patente HAREC per soggiorno superiore a 3 mesi è rilasciata su domanda la patente italiana

- Utilizzazione temporanea delle stazioni di radioamatore nei Paesi non membri della CEPT che partecipano al sistema della Raccomandazione T/R 61-01

- Ai cittadini dei Paesi membri della CEPT e non membri che attuano la raccomandazione CEPT TR 61-02, in possesso della patente HAREC in occasione di loro soggiorni in Italia della durata superiore a tre mesi, è rilasciata a domanda la corrispondente patente italiana.

3 - LEGISLAZIONE NAZIONALE, REGOLAMENTAZIONE E CONDIZIONI PER L'OTTENIMENTO DELLA LICENZA

- Legislazione nazionale

- ???

- Regolamentazione e condizioni per l'ottenimento della licenza

- ???

- Dimostrazione pratica della conoscenza della tenuta di un registro di stazione:

- ???

- modo di tenuta del registro

- log (quaderno di stazione): dove registrare le informazioni sui collegamenti effettuati. **Obbligatoria per legge DL 259/03 art 215 comma 2. conservato per tutto l'anno successivo al corrente** sanzione da €34-€370 per omissione o mancato aggiornamento

- obiettivi

- ???

- dati da registrare

- dati da inserire: data, ora inizio e fine (in UTC), indicativo stazione, freq, rst, modo e potenza, note, QSL inviata/ricevuta

Bibliografia:

- Radiotecnica per radioamatori (Nerio Neri)
- Wikipedia
- Appunti per sostenere l'esame da radioamatori di IU5HIV
– (<http://www.iu5hiv.cloud/progetti/appuntiesameom.html>)

frequenza	statuto	max power	note
135,5 - 137,8 kHz	secondario	1 W eirp	max. 1 W eirp
472 - 479 kHz	secondario	1 W eirp	max. 1 W eirp
1,830 – 1,850 MHz	PRIMARIO	500 W	
3,500 – 3,800 MHz	secondario	500 W	
5,3515 – 5,3665 MHz	secondario	15 W eirp	
7,000 – 7,200 MHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
10,100 - 10,150 MHz	secondario	500 W	
14,000 - 14,350 MHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
18,068 - 18,168 MHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
21,000 - 21,450 MHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
24,890 - 24,990 MHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
28,000 - 29,700 MHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
50 - 52 MHz	secondario	500 W	
144 – 145,8 MHz	PRIMARIO	500 W	
145,8 – 146 MHz	PRIMARIO	500 W	Esclusivo satelliti
430 - 434 MHz	secondario	500 W	
435 - 436 MHz	PRIMARIO	500 W	Esclusivo satelliti
436 - 438 MHz	secondario	500 W	Esclusivo satelliti
1240 - 1245 MHz	secondario	500 W	

frequenza	statuto	max power	note
1260 - 1270 MHz	secondario	500 W	Più servizio satelliti
1270 - 1298 MHz	secondario	500 W	
2300 - 2400 MHz	secondario	500 W	
2400 - 2450 MHz	secondario	500 W	Più servizio satelliti
5650 - 5670 MHz	secondario	500 W	Più servizio satelliti
5760 - 5770 MHz	PRIMARIO	500 W	
5830 - 5850 MHz	secondario	500 W	Più servizio satelliti
10,3 - 10,4 GHz	secondario	500 W	
10,4 - 10,50 GHz	secondario	500 W	Più servizio satelliti
24- 24,05 GHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
47 - 47,20 GHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
76 – 77,5 GHz	secondario	500 W	Più servizio satelliti
77,500 – 77,501 GHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
78 - 81 GHz	secondario	500 W	
122,5 - 123 GHz	secondario	500 W	
134,000 – 134,001 GHz	PRIMARIO	500 W	
136 - 141 GHz	secondario	500 W	
241 - 248 GHz	secondario	500 W	
248 - 250 GHz	PRIMARIO	500 W	