



A . R . I . B R E S C I A

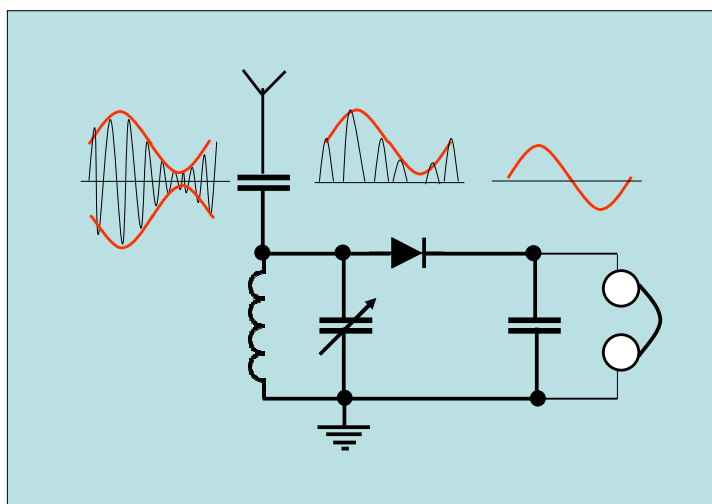
ASSOCIAZIONE RADIOAMATORI ITALIANI

SEZIONE DI BRESCIA "ADALBERTO LOGLIO"

ELEMENTI DI ELETTRONICA ELETTRONICA RADIOTECNICA

PER IL CONSEGUIMENTO DELLA PATENTE DI RADIOAMATORE

A cura di Nino Barchi iw2cyr



CONDUTTIVITA'

In natura, riferiti ai fenomeni elettrici, esistono tre tipi principali di materiali e sono: I conduttori, i semiconduttori e gli isolanti.

CONDUTTORI

Un conduttore elettrico è un elemento fisico in grado di far scorrere nel suo interno la corrente elettrica con facilità. I metalli, solitamente, sono dei buoni conduttori.

I conduttori sono caratterizzati dalla presenza di elettroni liberi nell'orbita di valenza (esterna) degli atomi che si fanno carico di trasportare la corrente elettrica. Nella rappresentazione grafica semplificata di un atomo, si nota che esso è formato da un nucleo composto da cariche elettriche positive dette protoni, e da cariche elettriche negative dette elettroni, in egual quantità, che ruotano attorno al nucleo.

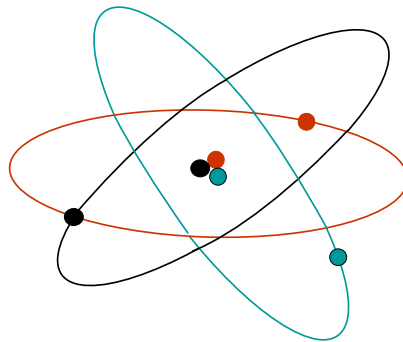


Fig. 1

Quando un conduttore è percorso da un flusso di elettroni, questi trovano minore o maggiore difficoltà a scorrere; ciò dipende dal tipo di conduttore, dalla sua sezione e dalla sua lunghezza.

La difficoltà che gli elettroni trovano a scorrere nel conduttore prende il nome di resistenza; la sua unità di misura è l'Ohm, indicato con il simbolo Ω .

La formula per il calcolo della resistenza di un conduttore è: $R = \rho \cdot \frac{l}{S} = \Omega$

R = resistenza elettrica e si misura in Ohm - ρ = **resistività** elettrica specifica del materiale
 S = sezione del conduttore in mm^2 - l = lunghezza del conduttore in metri.



$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Fig-2

La **resistività**, detta anche **resistenza elettrica specifica**, è l'attitudine di un materiale ad opporre resistenza al passaggio delle cariche elettriche.

In ordine decrescente, nella tabella sono rappresentati alcuni metalli con il relativo ρ (ρ si pronuncia "ro")

Metallo	ρ	Metallo	ρ	Metallo	ρ	Metallo	ρ
Argento	0,0159	Rame	0,0178	Oro	0,0244	Alluminio	0,0282
Tungsteno	0,0560	Ottone	0,0700	Platino	0,110	Ferro	0,100

SEMICONDUTTORI

I semiconduttori sono materiali che hanno una resistività intermedia tra i conduttori e gli isolanti. I semiconduttori sono alla base di tutti i principali dispositivi elettronici e micro elettronici, quali i transistor, i diodi, i diodi led ad emissione luminosa ed i circuiti integrati, che sono formati da un numero elevato di transistor assemblati in un unico contenitore.

Le proprietà dei semiconduttori dipendono dalla loro caratteristica intrinseca e da variabili esterne, come la temperatura; a temperature molto basse essi si comportano come isolanti, a temperatura d'ambiente aumenta la conduttività e diminuisce la resistività, al contrario di un comune conduttore. Le proprietà dei semiconduttori diventano interessanti se vengono opportunamente drogati con impurità. Le loro caratteristiche quali resistenza, mobilità, concentrazione dei portatori di carica sono importanti per determinare il campo di utilizzo. In elettronica i semiconduttori più usati sono il germanio (Ge), il silicio (Si) e, per le alte frequenze, l'arseniuro di gallio (GaAs).

ISOLANTI

Gli isolanti sono sostanze solide, liquide o gassose che presentano un'elevata resistenza al passaggio della corrente elettrica.

I parametri fondamentali che caratterizzano un isolante elettrico sono: a) la resistività, compresa tra 10^6 e 10^{17} W (ohm); b) la rigidità dielettrica, cioè la massima tensione per unità di lunghezza (dell'ordine di alcuni kV/cm, dove kV = chilovolt) che può sopportare senza che si verifichi una violenta e improvvisa scarica elettrica che perfora l'isolante (scarica distruttiva); c) il fattore di perdita, che indica l'attitudine a essere impiegato come isolante in un condensatore; d) il comportamento termico, in quanto le sue proprietà sono fortemente influenzate dalla temperatura.

I più comuni tra gli isolanti elettrici solidi sono i materiali plastici, le carte e le tele impregnate, i materiali ceramici, il vetro. Tra quelli liquidi hanno particolare importanza gli oli minerali (usati soprattutto nei trasformatori e negli interruttori), che però hanno il difetto di essere facilmente infiammabili, e gli oli al silicone, incombustibili e caratterizzati da conducibilità termica e rigidità dielettrica elevate.

TENSIONE

La **tensione elettrica** è la forza di attrazione o repulsione che si esercita tra le cariche elettriche; prende pure i nomi di **forza elettromotrice (f.e.m.)** e **differenza di potenziale (d.d.p.)**. In pratica, la tensione elettrica è quella forza che, appena può, mette in movimento gli elettroni, ossia genera la corrente elettrica. In tutti i fenomeni elettrici, quindi, la tensione rappresenta la causa, mentre la corrente ne costituisce l'effetto. Quando con due dita si toccano i conduttori di rete, si offre l'opportunità alla tensione elettrica di mettere in movimento gli elettroni, ovvero di dar luogo al fenomeno della corrente elettrica che, attraversando le dita della mano, provoca quella sgradevole sensazione che viene comunemente chiamata "scossa elettrica".

L'unità di misura della tensione (o d.d.p. o f.e.m.) è il **Volt (V)**

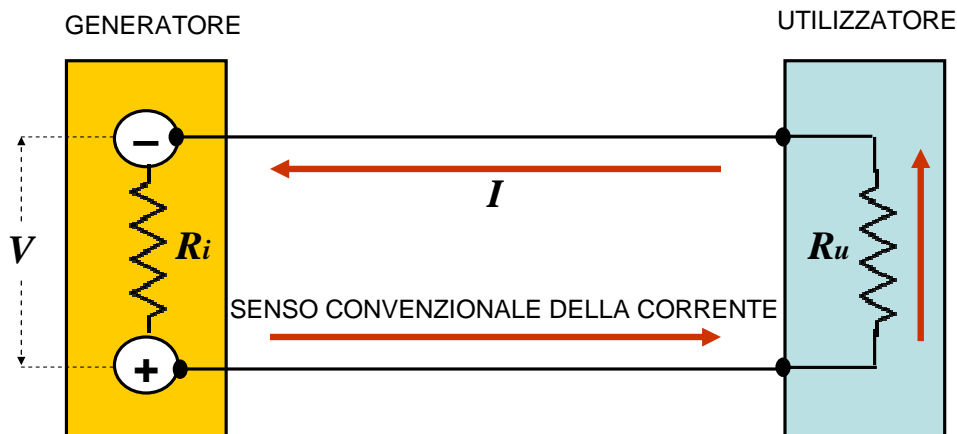
Il **Volt** ricava dal rapporto tra l'energia e la quantità di carica elettrica: $V = \frac{J}{C}$

J (Joule) è l'unità di misura dell'energia, del lavoro e anche del calore.

C (Coulomb), la cui legge dice che è l'interazione tra due corpi elettricamente carichi.

CORRENTE ELETTRICA

La corrente elettrica è un flusso ordinato di cariche elettriche (elettroni) che scorre in un filo metallico per un certo tempo. La **corrente convenzionale** fu definita inizialmente, nella storia dell'elettricità, come il flusso di cariche positive verso le cariche negative, ma è stato dimostrato che la corrente è causata da un flusso di cariche elettriche negative verso cariche positive; malgrado ciò, l'originale definizione di corrente convenzionale che scorre



- V = TENSIONE DEL GENERATORE (VOLT)
- R_i = RESISTENZA INTERNA DEL GENERATORE (Ω)
- I = CORRENTE CHE CIRCOLA NE CIRCUITO (AMPERE)
- R_u = RESISTENZA DELL'UTILIZZATORE O CARICO (Ω)

dal polo positivo al polo negativo è tutt'ora usata, specificando che scorre in modo convenzionale. Il simbolo normalmente usato per la quantità di corrente è I , che è la quantità di carica che scorre nell'unità di tempo per l'intensità elettrica che è l'ampère (A). L'intensità di corrente si misura in ampère ed è la quantità di carica elettrica (Q , coulomb) che scorre in un conduttore nell'unità di tempo (s , secondo), come da formula:

$$I = \frac{Q}{s} \quad \text{ampere} = \frac{\text{coulomb}}{\text{secondo}}$$

RESISTENZA (Ohm)

La resistenza elettrica è una grandezza fisica che misura la tendenza di un conduttore di opporsi al passaggio di corrente elettrica quando è sottoposto ad una tensione. Questa opposizione dipende dal materiale con cui è realizzato, dalle sue dimensioni e dalla sua temperatura. Uno degli effetti del passaggio di corrente in un conduttore è il suo riscaldamento è l'**effetto Joule**, è quel fenomeno per cui un conduttore attraversato da una corrente elettrica dissipa energia sotto forma di calore in quantità proporzionale all'intensità della corrente elettrica che lo attraversa. Prende il nome dal fisico James Joule che osservò il fenomeno attorno al 1840.

L'unità di misura della resistenza è l' **Ohm**, scritto anche con la lettera greca maiuscola omega (Ω). In elettronica sono comunemente usati i multipli dell' Ohm e sono:

$$\begin{array}{lll} K\Omega = 1.000\Omega & \text{più semplicemente} & K\Omega = 1 \cdot 10^3 \\ M\Omega = 1.000.000\Omega & \text{più semplicemente} & M\Omega = 1 \cdot 10^6 \end{array}$$

CONDUTTANZA

La conduttanza è il reciproco della resistenza e l'unità di misura è il Siemens.

La formula della conduttanza, che si indica con la lettera G , è: $G = \frac{1}{R} = \text{Siemens}$.

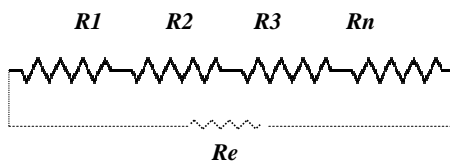
RESISTORI

I resistori, comunemente chiamati resistenze, hanno varie caratteristiche; la loro dimensione è determinata dalla potenza che devono dissipare; la loro costruzione ne determina l'uso. Ci sono:

- resistori anti induttivi, che sono formati da un'impasto di carbone;
- resistori a filo, che sopportano alte potenze, ma sono induttivi (non si possono usare per alte frequenze);
- resistori variabili (potenziometri -regolatori di volume- e trimmer);
- resistori **NTC** con coefficiente negativo di temperatura (diminuiscono la loro resistenza al diminuire della temperatura);
- resistori **PTC** con coefficiente positivo di temperatura (aumentano la loro resistenza all'aumentare della temperatura);
- foto resistori, che variano la loro resistenza al variare dell'intensità luminosa.

I resistori si possono collegare in serie (figura 3), in parallelo (figura 5) o serie-parallelo (figura 7):

RESISTORI COLLEGATI IN SERIE O CASCATA

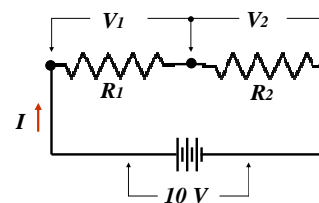


La formula per il calcolo dei resistori in serie è:

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + R_n$$

Fig.3

PARTITORE DI TENSIONE



$$V = V_1 + V_2$$

Fig. 4

Collegando due resistori in serie, la corrente che circola in ogni resistore è la stessa, ma ai capi di ogni resistore si ha una caduta di tensione che dipende dal valore del resistore. Il collegamento in serie di più resistori prende anche il nome di **partitore di tensione**.

Come da figura 4, se la batteria genera una tensione di 10 V e le due resistenze sono $R_1 = 6 \text{ ohm}$, $R_2 = 4 \text{ ohm}$, la resistenza equivalente è $R_1 + R_2 = 10 \text{ ohm}$; quindi la corrente del circuito, applicando la legge di Ohm, è

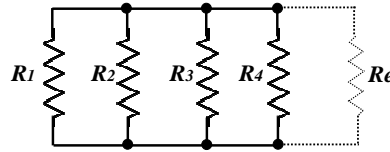
$$I = \frac{V}{R} = \frac{10}{10} = 1 \text{ A};$$

trovata la corrente I calcoliamo ora la caduta di tensione ai capi di R_1 che è;

$$V_1 = R_1 \cdot I = 6 \cdot 1 = 6 \text{ volt.}$$

Invece la caduta di tensione ai capi di R_2 è $V_2 = R_2 \cdot I = 4 \cdot 1 = 4 \text{ volt.}$

RESISTORI COLLEGATI IN PARALLELO



Formula per calcolare la resistenza equivalente

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_n}}$$

Fig.5

Nel caso di due resistori in parallelo la formula è più semplice, ed è: $\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

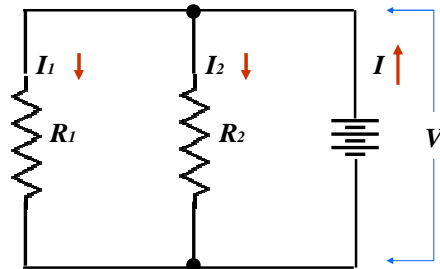
Collegando i resistori in parallelo (figura 6) la tensione è la stessa su ogni resistore, ma la corrente varia in funzione del valore del resistore; questo tipo di collegamento prende anche il nome di **partitore di corrente**.

Come da figura, se la batteria genera una tensione di 10 V e le due resistenze sono $R_1 = 8$ ohm, $R_2 = 4$ ohm, calcoliamo le correnti utilizzando la legge di Ohm:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{10}{8} = 1.25 \text{ Ampère} \quad I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{10}{4} = 2.5 \text{ Ampère}$$

Quindi la corrente che eroga la batteria è $I = I_1 + I_2 = 1.25 + 2.5 = 3.75$ Ampère

RESISTORI COME PARTITORI DI CORRENTE



$$I = I_1 + I_2$$

Fig. 6

POTENZA DISSIPATA DAI RESISTORI

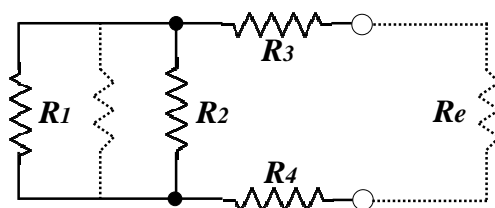
Per calcolare la potenza che deve dissipare ciascun resistore R_1 e R_2 della figura precedente, applichiamo la formula della potenza che è: $P = V \cdot I$

P = Potenza (Watt); V = Tensione (Volt); I = Corrente (Ampère)

$$P_1 = V \cdot I_1 = 10 \cdot 1.25 = 12.5 \text{ Watt}; \quad P_2 = V \cdot I_2 = 10 \cdot 2.5 = 25 \text{ Watt}$$

La potenza che deve erogare la batteria è $P_1 + P_2 = 12.5 + 25 = 37.5$ Watt

RESISTORI COLLEGATI IN SERIE-PARALLELO



Per calcolare la resistenza equivalente si procede come segue
prima si calcola la resistenza R_{12} poi si sommano $R_3 + R_4$

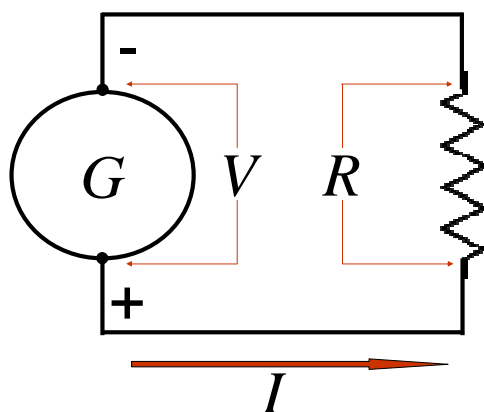
$$R_e = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} + R_3 + R_4$$

Fig. 7

LEGGE DI OHM

La legge di Ohm esprime una relazione tra la differenza di potenziale V (tensione elettrica) ai capi di un conduttore elettrico e la corrente elettrica I che lo attraversa e R la resistenza elettrica del conduttore; le formule relative sono le seguenti:

$$V = R \cdot I \quad R = \frac{V}{I} \quad I = \frac{V}{R} \quad V = \text{Volt} \quad R = \text{Ohm} \quad I = \text{Ampère}$$



Gli elementi elettrici per i quali la legge è soddisfatta sono detti resistori (o resistenze) ideali o ohmici; tuttavia, per ragioni storiche, si continua ad attribuire all'enunciato il rango di legge. Si noti che la legge di Ohm esprime unicamente la relazione di linearità fra la corrente elettrica I e la differenza di potenziale V applicata. L'equazione indicata è semplicemente una forma dell'espressione che definisce il concetto di resistenza ed è valida per tutti i dispositivi conduttori. La legge deve il proprio nome a quello del fisico tedesco Georg Simon Ohm.

Il reciproco della resistenza è la **conduttanza** $G = \frac{1}{R}$ e l'unità di misura è il **Siemens**

LEGGI DI KIRCHHOFF

Le leggi di Kirchhoff descrivono le proprietà dei circuiti elettrici a parametri concentrati. Furono formulate da Gustav Robert Kirchhoff nel 1845 a seguito di esperimenti empirici.

Prima Legge di Kirchhoff (o delle correnti)

La legge di Kirchhoff delle correnti (LKC o LKI) afferma che, definita una superficie chiusa che attraversi un circuito elettrico, la somma algebrica delle correnti che attraversano la superficie (con segno diverso se entranti o uscenti) è nulla. Vedi figura 8.

Seconda Legge di Kirchhoff (o delle tensioni)

Questa seconda legge afferma che, in un circuito a parametri concentrati planare, è definito il concetto di potenziale elettrico (vedi anche differenza di potenziale o d.d.p.) La somma algebrica delle tensioni lungo una linea chiusa (con il segno appropriato in funzione del verso di percorrenza della maglia stessa) è pari a zero. Vedi figura 9.

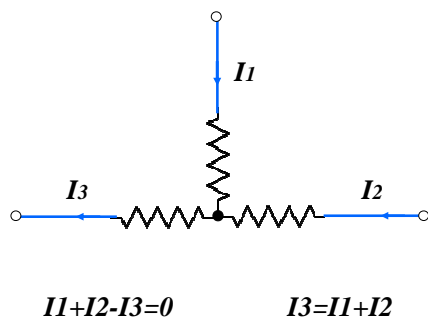


Fig. 8

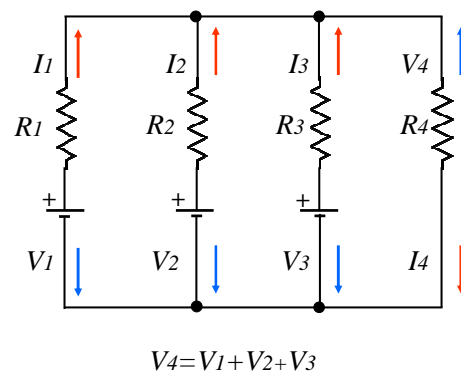


Fig. 9

POTENZA

Si dice potenza di un apparecchio elettrico il prodotto della sua tensione per la sua corrente. La potenza la indichiamo con la lettera **P**.

La formula è la seguente: $P = VI$

dove, è **V** la tensione espressa in volt, ed **I** è la corrente espressa in ampère

La formula per il calcolo della potenza è valida sia in corrente continua (CC) che in alternata (CA), a condizione che il carico o utilizzatore sia puramente resistivo; in questo caso la corrente è in fase con la tensione.

Unità di misura della potenza è il **Watt**, che si abbrevia in **W**.

In un circuito elettrico la somma delle potenze di tutti i generatori presenti deve essere uguale alla somma delle potenze di tutti gli utilizzatori.

ENERGIA ELETTRICA

Si dice **energia elettrica** di un'apparecchiatura il prodotto della sua potenza per il tempo considerato; il tempo **t**, di solito, si misura in ore. L'energia la indichiamo con la lettera **W**.

La formula è la seguente: $W = Pt$

Unità di misura dell'energia è il **chilowattora**, che si abbrevia in **kWh**.

GENERATORI DI CORRENTE CONTINUA

Il generatore di corrente continua è comunemente chiamato **batteria**; ne esistono diversi tipi. Nel presente testo parleremo solo delle batterie al piombo. L'elemento base di una batteria al piombo è la cella, o accumulatore, composta di tre elementi: da una coppia di piastre (anodo e catodo), e dal liquido in cui sono immerse (elettrolito). Le piastre sono costituite, per le batterie convenzionali, da ossido di piombo (PbO), reso molto poroso per migliorare il funzionamento elettrochimico della batteria. Le piastre sono poi immerse nell'elettrolito, che è una soluzione di acqua distillata e acido solforico nel rapporto di circa 5 a 1. La batteria è caricata applicando una tensione tra le due piastre e causando la *riduzione* ad un elettrodo e l'*ossidazione* all'altro (diciasi reazione di ossido-riduzione). Per quanto riguarda la tensione, le batterie in commercio sono 12 Volt. Quando servono i 24 V si preferisce mettere in serie due batterie da 12, molto più facilmente reperibili ed economiche, che non usare una grossa e introvabile batteria da 24 V.

La capacità si esprime come la quantità di ampere/ora (Ah) che la batteria è in grado di fornire. La scarica è fatta in un lasso di tempo che varia tra 8 e 10 ore.

Per sicurezza, applicheremo sempre le 10 ore come termine di riferimento e quindi una batteria, ad esempio, da 80 Ah potrà fornire 8 A per 10 ore. Questo limite temporale, serve ad evitare valutazioni errate del tipo: ho una batteria da 120 Ah e la uso per 30' facendole fornire 240 A; oppure, con una batteria da 45 Ah alimento un carico di 10 mA per 4500 ore, ovvero per quasi 6 mesi.

Si tratta di considerazioni, errate perché una batteria, salvo tempi brevissimi (qualche secondo) non deve fornire mai una corrente superiore al 10/20 % della sua capacità.

La corrente di spunto

In una batteria, la corrente di spunto è la massima corrente di picco fornibile per un tempo brevissimo, al massimo 5 o 10 secondi, ed in genere utilizzata per avviare i motori. Questa corrente è in genere 6 o 8 volte la corrente di targa della batteria e quindi una batteria da 45 Ah potrà generare una corrente istantanea di 270/360 A. Si ricordi che una scarica prolungata a questi livelli di corrente può deformare le piastre fino a mandarle in cortocircuito, rendendo l'accumulatore inutilizzabile.

La corrente di carica

Per ricaricare in modo corretto una batteria, oltre alla tensione nominale, bisogna fornire una corrente di carica che corrisponda al 10% della corrente indicata sulla targhetta della batteria per una durata di 10 ore.

Ad esempio, una batteria di 45 Ah deve essere caricata con 4,5 ampere per 10 ore.

Per quanto riguarda il tipo di batteria, la distinzione (che incide anche sul prezzo) è se ermetica al gel o comune. Le batterie in elettrolito semi-solido (gel), possono funzionare con alti gradi di sbandamento, possono essere addirittura rovesciate senza pregiudicare il funzionamento e sono meno sensibili ai maltrattamenti e alla scariche anche prolungate.

Questi vantaggi si pagano con un costo che può essere anche di tre volte superiore ad una analoga batteria comune.

Quest'ultima ha il pregio di avere un prezzo decisamente più basso; ormai quasi tutte sono del tipo così detto *senza manutenzione*. Si tratta di una caratteristica teorica, anche per quelle chiamate *ermetiche al piombo*. Tutte le batterie hanno bisogno di manutenzione, e la differenza tra le comuni e quelle ermetiche è che quelle ermetiche richiedono meno manutenzione.

CAMPO ELETTRICO

Il campo elettrico è la capacità di uno spazio di esercitare una forza in presenza di una o più cariche elettriche.

Dati alcuni fatti sperimentali come l'attrazione e la repulsione tra sostanze trattate in maniera opportuna (per esempio per strofinio), si sono definiti due stati di elettrizzazione della materia: *positiva* e *negativa*. Corpi elettrizzati entrambi positivamente o entrambi negativamente si respingono, mentre corpi elettrizzati in modo opposto si attraggono. Per riconoscere lo stato di elettrizzazione di un corpo si usa uno strumento chiamato elettroscopio a foglie, (vedi figura 10 e fotografia).

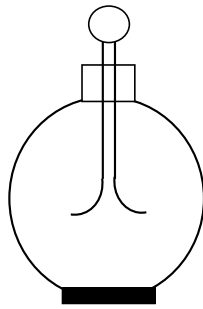


Fig. 10



Esso è costituito da un'ampolla di vetro in cui è inserita un'asta metallica, la quale, all'interno dell'ampolla, ha due linguette metalliche molto sottili, mentre all'esterno essa può essere messa a contatto con un corpo carico. Mettendo a contatto un corpo carico (ad esempio positivamente) con l'asta, si nota facilmente come le linguette (giustappunto chiamate foglie) si allontanino l'una dall'altra, in proporzione all'elettrizzazione del corpo che è stato messo a contatto e in opposizione al loro peso, che tende a farle ricadere verso il basso. Questo dimostra soprattutto come l'elettrizzazione del corpo si "trasferisca" alle foglie dell'elettroscopio. Si parla di *quantità di carica* o di *quantità di elettricità* trasferita. Questa nuova grandezza fisica è una misura quantitativa dello stato di elettrizzazione della materia. Mettendo a contatto un corpo carico (cioè elettrizzato, in qualche modo) con un corpo non carico, quello che succede è semplicemente che una certa quantità di carica si trasferisce all'altro corpo.

Tutto ciò è dovuto alla natura microscopica della materia e in particolare alle proprietà dei componenti fondamentali dell'atomo. Infatti ogni atomo è composto dal nucleo, ove risiedono protoni e neutroni, e da una zona esterna dove si trovano gli elettroni.

In condizioni normali un atomo è neutro, cioè ha lo stesso numero di elettroni e protoni. Per quantificare la carica elettrica si prende allora la carica più piccola esistente in natura, quella dell'elettrone che è negativa e pari a $e = 1,602\ 189\ 2 \cdot 10^{-19}\ \text{C}$, uguale ed opposta a quella del protone, dove **C** è l'unità di misura della carica chiamata coulomb nel **SI** (**S**istema **I**nternazionale). Il neutrone non possiede carica elettrica. Così un corpo carico elettricamente di una certa carica Q , ha in effetti una carica data da un numero intero di volte la carica elementare, se negativa: $-Q = n \cdot e$; vale inoltre il principio di conservazione della carica elettrica, secondo il quale in un sistema isolato, la somma algebrica delle cariche elettriche è costante. Importante far notare che la presenza di carica negativa in un corpo è dovuta all'eccesso di elettroni che si trasferiscono a questo corpo; viceversa, la presenza di carica positiva è dovuta a difetto di elettroni e non al trasferimento di protoni. Questo è anche il motivo per cui l'asta dell'elettroscopio è isolata dall'ampolla di vetro, altrimenti gli elettroni si trasferirebbero anche sul vetro, producendo un effetto minimo, se non nullo, sulle foglie. Infine, la differenza fondamentale tra conduttori e isolanti: i conduttori sono in genere metalli che per la loro struttura reticolare hanno elettroni esterni debolmente legati ai rispettivi nuclei; gli elettroni possono facilmente staccarsi e viaggiare entro il reticolo cristallino. Un tale tipo di legame è detto legame metallico, e la disponibilità di elettroni liberi rende tali materiali conduttori, poiché lo strofinio produce l'energia

necessaria a far passare una certa quantità di elettroni da un corpo ad un altro. Gli isolanti invece, sono generalmente non metalli o composti, che hanno elettroni fortemente legati ai nuclei; per questo motivo non vi sono all'interno dell'isolante che pochi elettroni liberi, che ne fanno pessimi conduttori; un discorso a parte va fatto per alcuni elementi che hanno proprietà intermedie tra questi, i cosiddetti semiconduttori, che proprio per le loro particolari caratteristiche vengono utilizzati in elettronica. A partire da questi fatti sperimentali, Coulomb formulò la famosa legge, detta appunto di Coulomb, quantificando la forza elettrica attrattiva o repulsiva che due corpi puntiformi carichi elettricamente si scambiano a distanza. Questa legge fondamentale è il punto di partenza di tutta la teoria dell'elettricità e dell'elettrostatica, che permette di introdurre i concetti di campo elettrico.

Un corpo carico elettricamente produce nello spazio circostante (al limite in *tutto* lo spazio circostante) la presenza di un nuovo stato di cose: se introduciamo un'altra carica elettrica, questa risente dell'effetto di una forza, appunto la forza elettrica o forza di Coulomb, che segue la legge di Coulomb:

$$F_o = k_o \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

dove **Q1** e **Q2** sono le cariche possedute dai corpi k_o è una costante, detta costante di Coulomb; **r** è la distanza tra le due cariche. Vedi figura 11.

Questo nuovo stato di cose è quello che chiamiamo campo elettrico, che è un campo vettoriale di forze.

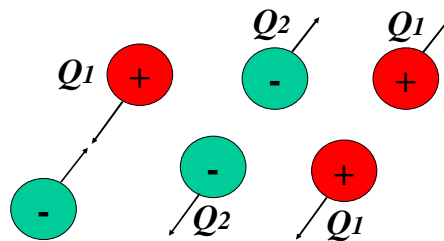


Fig. 11

SEGNALI SINUSOIDALI

Applicando le proprie conoscenze di trigonometria si giunge facilmente a riconoscere che tale curva rappresenta istante per istante il valore del **seno** dell'angolo descritto da un segmento che ruota con un estremo vincolato all'origine degli assi cartesiani in senso antiorario e con velocità di rotazione angolare ω . Come si può notare **U** rappresenta l'ampiezza del segmento e quindi l'ampiezza massima del segnale. La quantità φ rappresenta il cosiddetto sfasamento, cioè l'angolo che il segmento rotante forma con l'asse x all'istante 0. Nella figura 13 è rappresentata la curva che il vettore **U** della figura 12 descrive nel tempo; tale curva prende il nome di senoide.

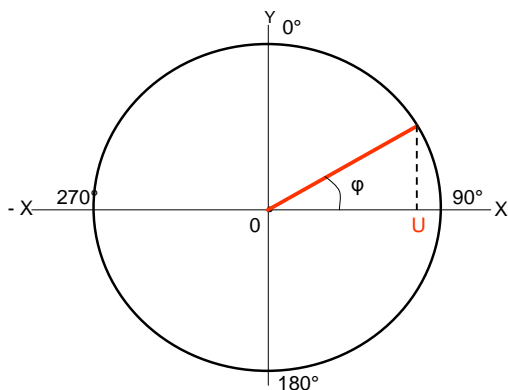


Fig. 12

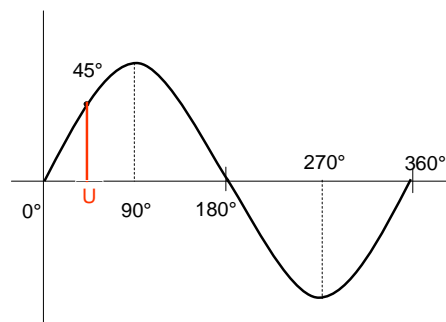


Fig.13

Poiché il segmento ruota, ritornerà ad un certo punto nella posizione di partenza, per cui il segnale sinusoidale riassumerà gli stessi valori. La velocità di rotazione angolare, determina quindi il numero di volte che in un secondo il segmento effettua un giro completo e il segnale si ripete identicamente. Il numero di volte che il segmento effettua un giro completo prende anche il nome di frequenza f ; la sua unità di misura è dunque l'inverso del tempo e prende anche il nome di **Hertz**: $f = \frac{1}{t}$

Dire che un segnale ha una frequenza di un kilohertz significa ad esempio che il segmento **U** percorrerà la circonferenza completa 1000 volte al secondo e quindi il segnale sinusoidale si ripeterà 1000 volte al secondo; poiché un angolo completo è pari a 2π , allora la velocità con cui il segmento percorre la circonferenza è data da $2\pi \cdot f$, detta anche velocità angolare, che si indica anche con ω (omega minuscola).

L'intervallo di tempo che passa prima che il segnale si ripeta identicamente prende il nome di periodo. Il numero di periodi è pari alla frequenza; la durata di ogni periodo è data dall'unità di tempo diviso la frequenza, cioè $T = \frac{1}{f}$; ad esempio, un segnale con frequenza pari ad 1KHz ha periodo di 1/1000 secondi = 1 millisecondo.

TEOREMA DI FOURIER

Quando si studia un circuito sinusoidale esiste un teorema detto di Fourier, che dice: un segnale periodico qualsiasi può essere considerato come la somma d'infinito sinusoidi con caratteristiche diverse; utilizzando un numero sempre maggiore di opportuni segnali sinusoidali otteniamo in maniera sempre più netta e precisa un'onda quadra indicata in nero nella figura 14.

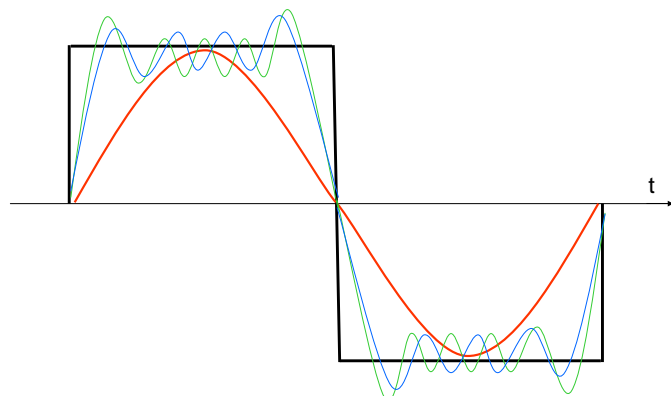


Fig.14

VALORE EFFICACE

Si dice **valore efficace** (chiamato anche RMS, **Root Mean Square**) di un'onda sinusoidale il valore equivalente che produce gli stessi effetti di riscaldamento della tensione continua. Dato cioè un resistore di valore R, se lo alimentiamo con tensione continua $E=12V$, oppure lo alimentiamo con tensione alternata avente valore efficace $V=12V$, gli effetti sul riscaldamento del resistore sono equivalenti. Il valore efficace di una tensione sinusoidale lo indichiamo con la lettera **V** maiuscola e l'unità di misura è il **Volt**. Conoscendo il valore

di picco o massimo di una tensione sinusoidale, possiamo calcolare il valore efficace con

la seguente formula: $V_e = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = V_e = \frac{V_p}{1,4142} = V_p \cdot 0,707 = -3\text{dB}$

V_e = valore efficace o RMS V_p = valore di picco o massimo

Conoscendo il valore efficace si può risalire al valore di picco

$V_p = V_e \cdot \sqrt{2}$ sostituendo $V_p = V_e \cdot 1,4142$: vedi figura 15

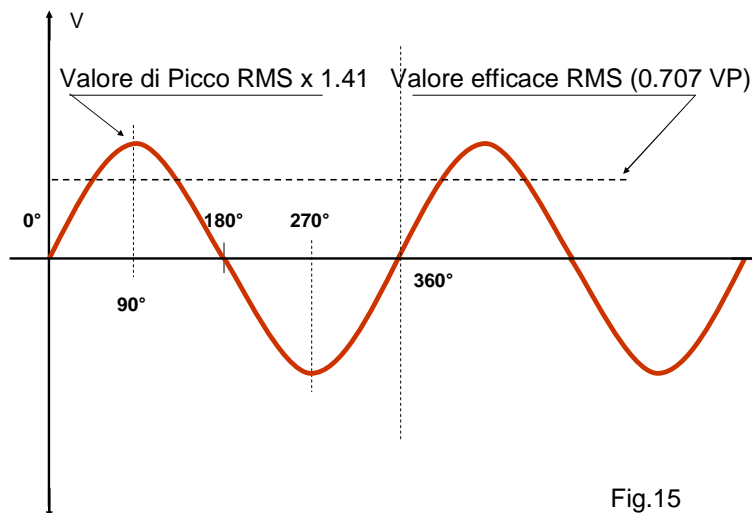


Fig.15

VALORE MEDIO

Il valore medio di un'onda sinusoidale si ottiene sommando il **valore istantaneo** sinusoidale; la sinusoide ha un semiperiodo positivo ed uno negativo; sommando algebricamente i rispettivi valori il risultato del valore istantaneo è uguale a zero, vedi figura 16.

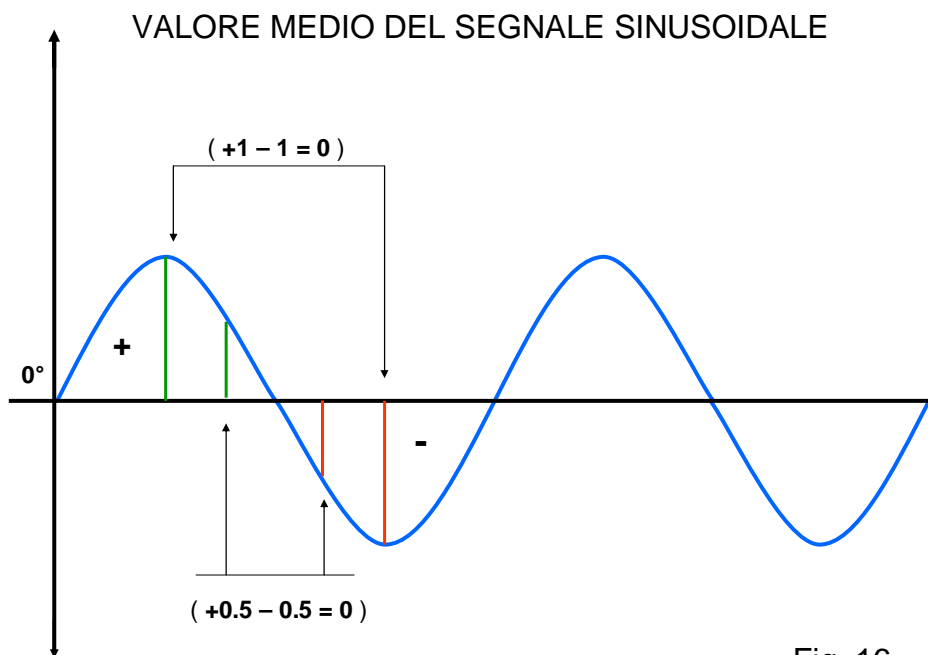


Fig. 16

DIFFERENZA DI FASE

Considerano due segnali sinusoidali aventi la stessa frequenza, si può poi parlare di **differenza di fase** tra loro, $\Delta\phi$ (si legge delta fi) o **sfasamento**, intendendo con ciò, da un punto di vista matematico, la differenza tra le due costanti di fase. Nella rappresentazione vettoriale sottostante V_1 e V_2 sono le tensioni e $\Delta\phi$ è l'angolo di sfasamento che nel nostro caso è di 45° .

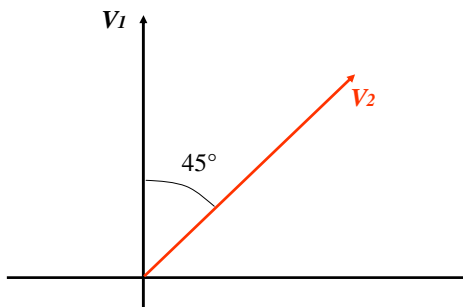


Fig. 17

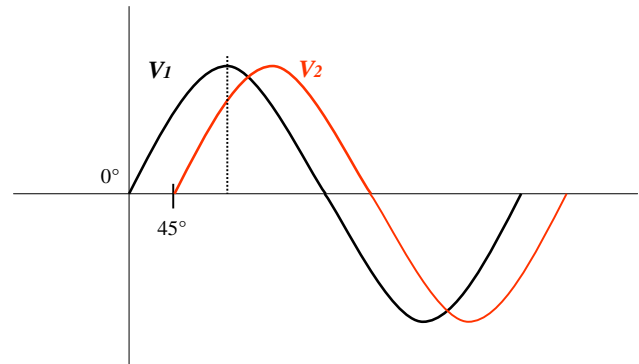


Fig.18

CONDENSATORE

Un condensatore si realizza generalmente impiegando due superfici di materiale conduttore dette armature, con interposto un mezzo isolante detto dielettrico. Applicando una differenza di potenziale tra le armature si crea un campo elettrico nel dielettrico e grazie al lavoro del generatore avviene un accumulo di carica sulle stesse (carica positiva sull'una e negativa sull'altra), tanto più grande quanto più grande è la capacità del condensatore. Una volta che il condensatore si è caricato, per i circuiti in corrente continua, si ha che nel ramo ove è inserito il condensatore non può più passare la corrente elettrica. La capacità di un condensatore (C) è direttamente proporzionale alla quantità di carica accumulata sul condensatore stesso (Q) e inversamente proporzionale alla tensione (V); la formula è: $C = \frac{Q}{V}$. Se invece vogliamo costruire fisicamente un

condensatore useremo la seguente formula: $C = \epsilon_r \cdot \frac{S}{d}$

C = capacità in Farad (F), che è l'unità di misura della capacità

S = superficie delle due armature in (m^2)

d = distanza tra le armature (m)

ϵ_r = costante dielettrica, che nell'aria è circa 1.

I sottomultipli del Farad sono :

Milli Farad $mF = 1 \cdot 10^{-3}$ Valore commercialmente non usato

Micro Farad $\mu F = 1 \cdot 10^{-6}$

Nano Farad $nF = 1 \cdot 10^{-9}$

Pico Farad $pF = 1 \cdot 10^{-12}$

Nel condensatore, oltre alla costante dielettrica, esiste anche un altro parametro che è la **rigidità dielettrica**, che è la tensione che il dielettrico può sopportare prima di perforarsi. Se alle armature completamente cariche si toglie l'alimentazione, il condensatore ideale rimane sempre carico; per condensatore ideale s'intende un condensatore che non ha perdite; esse, principalmente, dipendono dalla qualità del dielettrico (isolante).

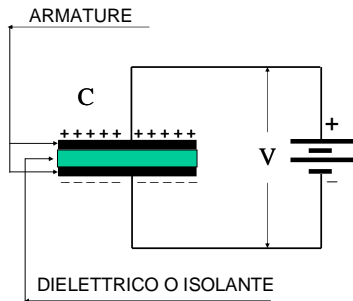


Fig.19

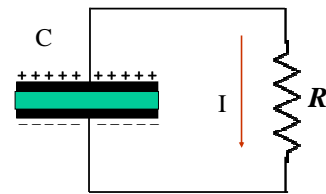


Fig.20

Se in parallelo al condensatore carico colleghiamo un resistore (**R**), vedi figura 2, esso si scarica; questa caratteristica si chiama **costante di tempo**. Il valore di questa costante si ottiene dal prodotto della resistenza per la capacità elettrica del circuito; la formula è : $\tau = R \cdot C$

R espresso in ohm, *C* in Farad, τ (tau), tempo espresso in secondi.

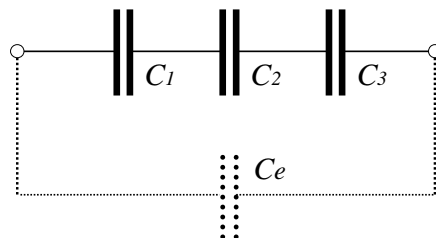
COLLEGAMENTO CONDENSATORI IN SERIE E IN PARALLELO

I condensatori, come i resistori si possono collegare in serie, vedi figura 23.

Nei condensatori, oltre alla capacità, è richiesta la tensione di lavoro, che è la tensione massima applicabile per evitare la distruzione del dielettrico, nel caso di collegamento in serie, la tensione di lavoro del condensatore equivalente, è data dalla somma delle singole tensioni di lavoro. ($V_e = V_1 + V_2 + V_3$)

Se poi i condensatori collegati in serie hanno la stessa identica capacità, per trovare la capacità equivalente è sufficiente dividere la capacità di un singolo condensatore per il numero di condensatori. Esempio riferito alla figura 23. $C_e = \frac{C_1}{3}$

CONDENSATORI COLLEGATI IN SERIE O CASCATA



Formula per calcolare la capacità equivalente per:

tre o più condensatori

$$C_e = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

due condensatori

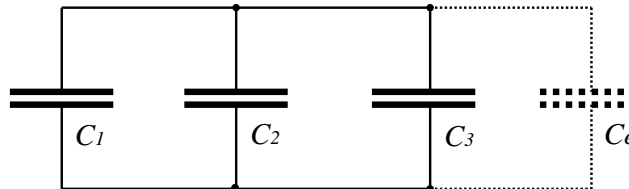
$$C_e = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

Fig. 23

Nel collegamento dei condensatori in parallelo, vedi figura 24, la capacità equivalente è data dalla somma dei condensatori.

La tensione di lavoro del condensatore equivalente, è quella del condensatore che ha la tensione di lavoro più bassa della rete dei condensatori.

CONDENSATORI COLLEGATI IN PARALLELO



Formula per calcolare la capacità equivalente:

$$C_e = C_1 + C_2 + C_3$$

Fig. 24

EFFETTI DELLA CORRENTE ALTERNATA NEI CONDENSATORI :

Applicando una tensione alternata, in pratica il condensatore è costretto a caricarsi nel semiperiodo positivo e a scaricarsi di segno opposto nel semiperiodo negativo. L'ostacolo che il condensatore oppone al passaggio della corrente alternata si chiama **reattanza capacitiva** e si indica con simbolo X_c e, come nei resistori, l'unità misura è l'ohm.

La formula della reattanza capacitiva è la seguente: $X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \text{ohm} = \Omega$

X_c = reattanza capacitiva che si misura in ohm

f = frequenza della tensione alternata in Hertz (Hz)

C = capacità del condensatore in Farad

Invece di $2 \cdot \pi \cdot f$ si può scrivere ω , per cui la formula risulta essere: $X_c = \frac{1}{\omega \cdot C}$

I condensatori si caratterizzano, oltre che per la capacità, anche per la tensione di lavoro. In commercio vi sono diversi tipi di condensatori:

- **ad aria**: sono altamente resistenti agli archi provocati dalle scariche elettriche, poiché l'aria ionizzata viene presto rimpiazzata, non consentono però capacità elevate;
- **ceramico**: a seconda del materiale ceramico usato si ha una diversa relazione temperatura-capacità e perdite dielettriche, bassa induttanza parassita per via delle ridotte dimensioni;
- **vetro**: condensatori molto stabili ed affidabili;
- **carta** molto comuni in vecchi apparati radio, sono costituiti da fogli di alluminio avvolti con carta e sigillato con cera: capacità fino ad alcuni μF e tensione massima di centinaia di volt. Versioni con carta impregnata di olio possono avere tensioni fino a 5000 volt e sono usati per l'avviamento di motori elettrici, rifasamento e applicazioni elettrotecniche;
- **poliestere**, Mylar, usati per gestione di segnale, circuiti integratori e in sostituzione ai condensatori a carta e olio per i motori monofase. Sono economici, ma hanno poca stabilità in temperatura;

- **mica** argentata: ideali per applicazioni radio in HF e VHF (gamma inferiore), stabili e veloci, ma costosi.

Qui sotto riportiamo la tabella della **costante dielettrica** e della **rigidità dielettrica** di alcuni materiali isolanti:

F/m = Farad/metro KV/mm = KiloVolt/millimetro

Costante dielettrica assoluta del vuoto = $8,854 \cdot 10^{-12}$ [F/m]		
Mezzo dielettrico	Costante dielettrica relativa	Rigidità dielettrica [kV/mm]
Aria secca (alla pressione di 1 [bar])	1,0006	3
Acqua pura	81,07	15
Olio minerale	2,2 - 2,5	7,5 - 16
Carta comune	2	6
Carta paraffinata	2,5 - 4	40 - 50
Carta da condensatori	5 - 5,5	30
Mica	6 - 8	50 -100
Polietilene	2,3	50
Porcellana	4 - 7	12 - 30
Vetro	6 - 8	25 -100
Ossido di titanio	90 - 170	5

CONDENSATORI ELETTROLITICI

Nei condensatori elettrolitici non è presente un materiale dielettrico, ma l'isolamento è dovuto alla formazione e mantenimento di un sottilissimo strato di ossido metallico sulla superficie di un'armatura. A differenza dei condensatori comuni, la sottigliezza dello strato di ossido consente di ottenere capacità elevate in poco spazio, ma per conservare l'ossido stesso, è necessario rispettare una precisa polarità nella tensione applicata, altrimenti l'isolamento cede e si ha la distruzione del componente. Inoltre nei condensatori elettrolitici è presente una soluzione chimica umida che se dovesse asciugare porterebbe al non funzionamento del dispositivo. La capacità di un condensatore elettrolitico non è definita con precisione come avviene nei condensatori a isolante solido. Specialmente nei modelli in alluminio è frequente avere la specifica "*valore minimo garantito*", senza un limite massimo alla capacità. Per la maggior parte delle applicazioni (filtraggio dell'alimentazione dopo il raddrizzamento e accoppiamento di segnale) questo non rappresenta un limite.

La figura 25 rappresenta i due principali simboli dei condensatori elettrolitici.

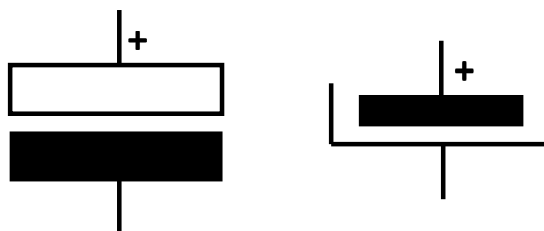


Fig.25

ESISTONO VARI TIPI DI CONDENSATORI:

- **In alluminio:** il dielettrico è costituito da uno strato di ossido di alluminio; sono compatti, ma con elevate perdite. Sono disponibili con capacità da meno di 1 μF a 1.000.000 μF , con tensioni di lavoro da pochi volt a centinaia di volt. Contengono una soluzione corrosiva e possono esplodere se alimentati con polarità invertita. Su un lungo periodo di tempo tendono a seccarsi andando fuori uso, e costituiscono una delle più frequenti cause di guasto in diversi tipi di apparecchi elettronici.

- **Al tantalio:** rispetto ai condensatori ad alluminio hanno una capacità più stabile e accurata, minori perdite di corrente e bassa impedenza alle basse frequenze. A differenza dei primi però, i condensatori al tantalio non tollerano i picchi di sovratensione e possono danneggiarsi, a volte esplodendo violentemente, cosa che avviene anche qualora sono alimentati con polarità invertita o superiore alla tensione dichiarata. La capacità arriva a circa 100 μF con basse tensioni di lavoro. Le armature del condensatore al tantalio sono differenti: Il catodo è costituito da grani di tantalio sinterizzati ed il dielettrico è formato da ossido di titanio. L'anodo è invece realizzato da uno strato semi-conduttivo, depositato chimicamente, di biossido di manganese: l'ossido di manganese è rimpiazzato da uno strato di polimero conduttivo che elimina la tendenza alla combustione in caso di guasto. Altra caratteristica dei condensatori è la tensione massima con cui possono essere utilizzati senza che avvenga la foratura del dielettrico ed è detta **tensione di lavoro** (V_L).

CONDENSATORI VARIABILI

Fin qui abbiamo analizzato tutti i tipi di condensatori a capacità fissa; ora analizziamo i condensatori a capacità variabile, detti appunto **condensatori variabili**. Il condensatore variabile, a seconda dell'impiego, può essere composto da una, due o tre sezioni. In ogni caso è composto da un gruppo di lamine metalliche fisse, chiamato **statore**, e da un gruppo di lamine mobili, chiamato **rotore** (visibili in fotografia) che è elettricamente isolato dalla massa. Il rotore, ha le cui lamine fissate ad un perno che può ruotare ed è elettricamente collegato a massa. Facendo ruotare il perno di comando, collegato con il rotore, le armature mobili vanno ad inserirsi più o meno profondamente in quelle fisse, senza toccarle. Si ottiene in tal modo un aumento o una diminuzione della capacità del condensatore, nel rispetto del già interpretato concetto di capacità, per il quale il valore capacitivo è maggiore quando le superfici metalliche, affacciate tra loro, sono più ampie ed è minore quando queste sono più piccole. Dunque, il massimo valore capacitivo si verifica quando il rotore è ruotato in modo che tutte le lamine rimangano affacciate tra loro; invece il valore capacitivo minimo è raggiunto con tutte le lamine mobili estratte. All'ingresso di ogni ricevitore radio è sempre presente un condensatore variabile che, unitamente ad una bobina, va a formare il circuito di sintonia. Le variazioni manuali di capacità del condensatore variabile creano delle corrispondenti variazioni nelle caratteristiche radioelettriche del circuito di sintonia, che fanno variare il valore della frequenza di accordo. E ciò avviene quando si ruota la manopola di sintonia di un radiorecettore allo scopo di ricevere questa o quella emittente radiofonica. Si può quindi dire che il condensatore variabile rappresenta la chiave in grado di aprire molte porte e di far entrare nel ricevitore radio il segnale preferito, quello della stazione trasmittente che si vuol ricevere. Negli apparecchi radio, a seconda del modello e delle possibilità di ricezione, vengono montati condensatori variabili di piccola e media grandezza, con isolamento ad aria o a mica. Il simbolo elettrico del condensatore variabile semplice e doppio è riportato nella figura 26.

SIMBOLI DEI CONDENSATORI VARIABILI

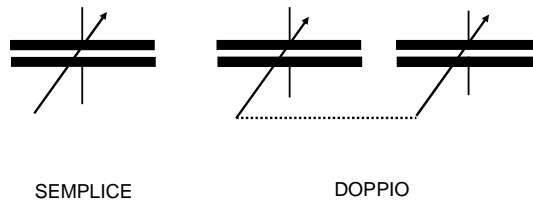


Fig. 26

Nella fotografia sottostante è rappresentato un condensatore variabile a due sezioni.



CAMPO MAGNETICO

INTRODUZIONE AL CAMPO MAGNETICO

Il campo magnetico è una grandezza fisica vettoriale che esprime le proprietà dello spazio dovute alla presenza in esso di un magnete permanente o di una corrente elettrica. Per rilevare un campo magnetico, è sufficiente osservare il comportamento dell'ago di una bussola: se esso si orienta in una direzione ben precisa, nel punto in cui si trova l'ago è presente un campo magnetico di direzione e verso uguale a quelli dell'ago orientato. Il campo magnetico agisce su qualunque carica elettrica in movimento, per mezzo di una forza, detta forza di Lorenz.

INTENSITÀ, DIREZIONE, VERSO

Trattandosi di una grandezza vettoriale, il campo magnetico \mathbf{B} , detto anche induzione elettrica, è definito da un'intensità, una direzione e un verso. La sua intensità può essere quantificata misurando la forza che esso esercita su un filo conduttore di lunghezza l , percorso da una corrente elettrica di intensità i : tale forza dipende dall'orientamento del filo rispetto alla direzione del campo magnetico, e risulta proporzionale a i ed l . Nella situazione in cui il filo è perpendicolare alle linee di forza del campo, si può definire l'intensità \mathbf{B} del campo magnetico come il rapporto tra la forza esercitata sul filo e il

prodotto tra la lunghezza l e la corrente i ; la formula è:

$$B = \frac{F}{i \cdot l}$$

La direzione e il verso del campo magnetico si possono evidenziare con l'aiuto di un po' di limatura di ferro o di un piccolo ago magnetico. Nel caso del campo generato da un filo conduttore percorso da corrente elettrica, se si tiene il filo in posizione verticale e si sparge della limatura di ferro su un piano ad esso perpendicolare, si vedono i frammenti metallici

disporsi ordinatamente in circonferenze concentriche, centrate sul filo. Tali circonferenze evidenziano le linee di forza del campo magnetico, vale a dire la sua direzione in ogni punto dello spazio. Il verso di un campo magnetico si può più facilmente determinare con l'aiuto dell'ago di una bussola. Ogni ago ha una polarità ben definita: l'estremità che punta verso il polo Nord della Terra è detta polarità nord: l'altra estremità è detta polarità sud (la Terra è sede di un campo magnetico, detto appunto campo magnetico terrestre, che attualmente presenta i due poli magnetici quasi coincidenti con i rispettivi poli geografici). Definite in questo modo le due polarità di un ago magnetico o di un magnete, il verso del campo è quello che va dalla polarità sud alla polarità nord dell'ago magnetico.

UNITA' DI MISURA DEL CAMPO MAGNETICO

L'intensità del campo magnetico, nel sistema internazionale, si misura in TESLA (T). Un Tesla è uguale ad 1 newton diviso un ampère/metro, come da formula:

$$1 \cdot T = \frac{1 \cdot \text{newton}}{1 \cdot \text{ampere} \cdot \text{metro}}$$

Per avere un'idea dell'ordine di grandezza di questa unità di misura, il campo magnetico misurato sulla superficie terrestre è dell'ordine di 10^{-4} Tesla; quello generato da una piccola calamita è di circa 10^{-2} Tesla. Il più intenso campo magnetico che sia mai stato prodotto in laboratorio, è di quasi un Giga Gauss : $1 \cdot T = 10^4 G$ ($1 T = 10^4 G$).

Il Gauss (simbolo Gs), è l'unità di misura della densità del flusso magnetico (o induzione magnetica). Un gauss è pari ad 1 Maxwell per centimetro quadrato.

La relazione tra il gauss ed il Tesla (T) si esprime con la corrispondente unità di misura che nel sistema **SI** (**S**istema **I**nternazionale di misura) è la seguente:

$$1 \text{ TESLA} = 10^4 \text{ GAUSS} \qquad 1 \text{ GAUSS} = 10^{-4} \text{ TESLA}$$

LINEE DI FORZA DEL CAMPO MAGNETICO

Come è noto, le linee di forza forniscono una rappresentazione simbolica di un, campo di forze ed in particolare specificano la direzione e il verso che tali forze esercitano in ogni punto, su un corpo ad esse sensibile (per il campo gravitazionale, su una massa, per il campo elettrico, su una carica, per il campo magnetico, su una calamita o una corrente elettrica).

Nel campo elettrico, tali linee di forza possono essere aperte o chiuse, a seconda delle sorgenti del campo; ad esempio, una carica elettrica isolata nello spazio genera intorno a sé un campo con linee di forza aperte – semirette disposte a raggiera intorno alla carica; una coppia di cariche di segno opposto, invece, genera un campo con linee di forza chiuse, che nascono da una delle due cariche e muoiono sull'altra.

A differenza del campo elettrico, il campo magnetico può avere esclusivamente linee di forza chiuse. Questa importante proprietà discende da una caratteristica fondamentale del magnetismo, vale a dire dal fatto che non esiste un solo polo magnetico: la più piccola sorgente di un campo magnetico è essa stessa un piccolo dipolo: se si cerca di spezzarlo in due poli separati, si ottengono due dipoli più piccoli.

Una conseguenza di questa proprietà è che il flusso del campo magnetico attraverso una superficie chiusa è sempre nullo: il numero di linee di forza che attraversano la superficie in entrata è esattamente uguale a quello delle linee di forza in uscita. La formulazione matematica di questa proprietà costituisce una delle quattro equazioni di Maxwell del campo elettromagnetico.

CAMPO MAGNETICO IN UN FILO RETTILINEO (fig. 27)

Un filo rettilineo percorso da corrente genera intorno a sé un campo magnetico d'intensità definito da questa formula:

$$B = \frac{\mu}{2 \cdot \pi} \cdot i \cdot l \cdot d$$

dove μ è la permeabilità magnetica del mezzo (un parametro che rende conto della tendenza di un mezzo a magnetizzarsi), i è l'intensità di corrente che scorre nel filo, d è la distanza dal filo del punto in cui si misura il campo. Le linee di forza di questo campo, come già specificato, sono circonferenze concentriche centrate sul filo; il loro verso è dato dalla regola della mano destra: se si fa coincidere idealmente la direzione della corrente con il pollice della mano destra, le quattro dita che si chiudono su se stesse indicano il verso delle linee di forza (dicesi legge della mano destra).

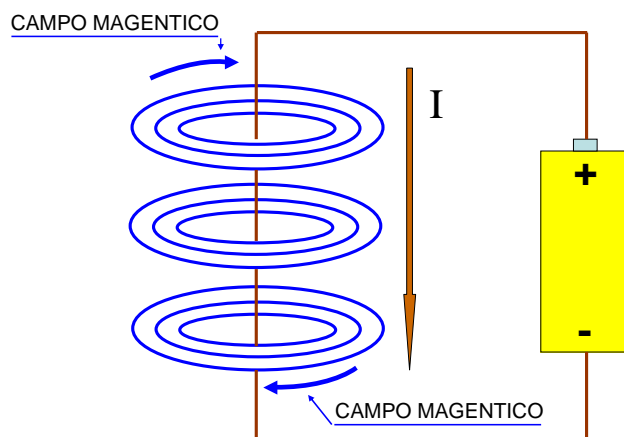


Fig. 27

CAMPO MAGNETICO IN UNA SPIRA (figura 28)

La spira è un circuito chiuso di filo conduttore.

Una spira percorsa da corrente, genera intorno a sé un campo magnetico, la cui intensità dipende dalla corrente i e dal raggio R della spira. Nel punto centrale della spira, il campo

$$B = \frac{\mu}{2} i \cdot l \cdot R$$

ha un'intensità pari a

Lungo l'asse del circuito, l'intensità del campo dipende dalla distanza dal piano della spira, e la linea di forza è una retta perpendicolare a questo piano, con verso dato, anche in questo caso, dalla regola della mano destra (se le quattro dita che si chiudono su se stesse indicano il verso della corrente, il pollice punta nella direzione del campo).

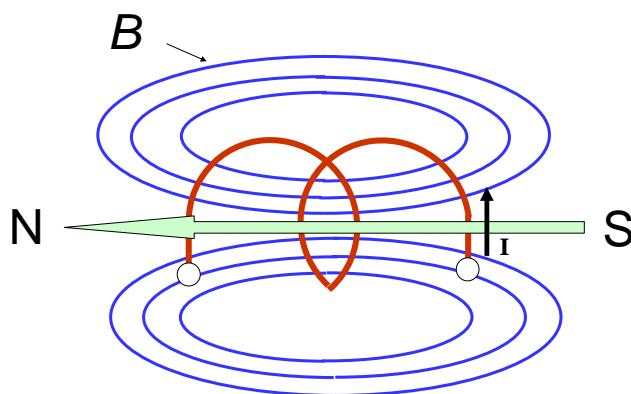


Fig. 28

CAMPO MAGNETICO IN UN SOLENOIDE (fig. 29)

Un solenoide è una bobina di filo conduttore avvolto in modo da formare una sorta di molla. Dal punto di vista magnetico, lo si studia come se fosse costituito da una successione di spire adiacenti. Con buona approssimazione, risulta che il campo magnetico al suo interno è costante, e dipende dal numero n di spire per unità di lunghezza. Se il solenoide è sufficientemente lungo e il numero di spire sufficientemente alto, il campo interno può essere considerato uniforme con una migliore approssimazione e il campo esterno risulta di intensità quasi trascurabile.

Il flusso magnetico è: $B = \mu \cdot i \cdot n$

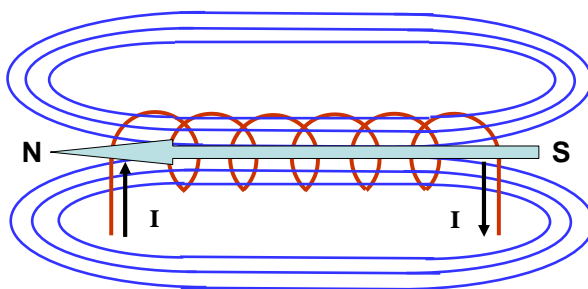


Fig. 29

INDUTTORE

Un induttore è costituito da un avvolgimento di materiale conduttivo, generalmente filo di rame ricoperto da una sottile pellicola isolante. Per aumentare l'induttanza si usa spesso realizzare l'avvolgimento su un nucleo di materiale con elevata permeabilità magnetica (ad es.: ferriti).

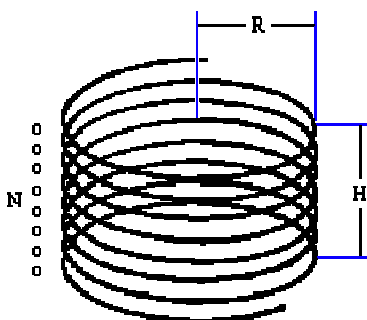
L'induttanza degli induttori, nel Sistema Internazionale (SI), si misura in **Henry** (H). In un induttore di 1 H (henry), una variazione di corrente di 1 ampere al secondo genera una forza elettromotrice di 1 volt ($1 H = 1 V \times 1 A \text{ sec.}$).

La sua proprietà fondamentale è quella di offrire una reattanza (vedi resistenza) teorica zero in presenza di una corrente continua ed una reattanza elevata alle alte frequenze. La formula per calcolare la sua reattanza al variare della frequenza è la seguente:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

dove f è la frequenza del segnale applicato all'induttore ed L il suo valore in Henry; il valore ottenuto è in ohm.

In elettronica l'induttore (o induttanza) ha svariate funzioni: realizzazione di filtri (sia in campo audio che RF), viene impiegato negli oscillatori; viste le sue proprietà di generare campo magnetico viene utilizzato anche come elettrocalamita (vedi relè), o per la realizzazione di trasformatori, ecc..



Ma vediamo come si fa a calcolare il suo valore mediante la formula di Wheeler, considerando che il nostro induttore è avvolto in aria: $L = \frac{N^2 \cdot R^2}{9R + 10H}$

dove: **L** è il valore dell'induttanza in uH (micro Henry, $1 \cdot 10^{-6} H$);

N è il numero di spire;

R è il raggio dell'induttore misurato in pollici (1 pollice = 25,4 mm, quindi X pollici = Y mm / 25,4);

H è l'altezza in pollici dell'induttore.

Questa formula però non tiene in considerazione gli spazi tra una spira ed un'altra ed il diametro del filo. Nella formula di Wheeler le spire si toccano l'una con l'altra, quindi è importante che il filo sia isolato. Questa formula è valida per induttori a bassa frequenza e con valori nell'ordine di decine di μH . Per realizzare induttori ad alta frequenza e nel campo della micro elettronica, le spire dell'induttore vengo spaziate per diminuire l'effetto

capacitivo tra una spira ed un'altra; la formula è la seguente: $L = \frac{17N^{1.3} \cdot (DI + DF)^{1.7}}{(DF + S)^{0.7}}$

dove: **L** è il valore dell'induttanza in nH (nanoHenry, $1 \cdot 10^{-9} H$);

N è il numero di spire;

DI è il diametro dell'induttore in pollici;

DF è il diametro del filo in pollici;

S è lo spazio tra una spira ed un'altra in pollici.

FATTORE DI MERITO

Il fattore di merito o di qualità è direttamente proporzionale alla reattanza della bobina ed inversamente alla resistenza del conduttore: $Q = \frac{X_L}{R}$

dove: **Q** è il fattore di merito;

X_L è la reattanza induttiva che si misura in Ohm;

R è la resistenza del conduttore utilizzato per fare la bobina;

Poiché, la resistenza del conduttore dipende dalla lunghezza, dalla sezione e dalla resistività, la cui formula è $R = \rho \frac{l}{S}$; se abbiamo un filo di **rame** la cui resistività è 0,0178,

lungo 10 metri e della sezione di un millimetro quadrato, la sua resistenza sarà :

$0,0178 \times 10 / 1 = 0,178 \Omega$. Supponiamo ora che la nostra bobina abbia una reattanza

X_L di 178Ω ; il fattore di merito **Q** del nostro induttore è $178 / 0,178 = 1000$.

A pari lunghezza e sezione del conduttore, ora utilizziamo un conduttore d'**argento** che ha una resistività di 0,0159; la reattanza è sempre la stessa, ma cambia la sua resistenza, che è $0,0159 \times 10 / 1 = 0,159 \Omega$; quindi il fattore di merito è $178 / 0,159 = 1119$.

Si deduce che migliore è il conduttore e maggiore è il fattore di merito, come da figura 31.

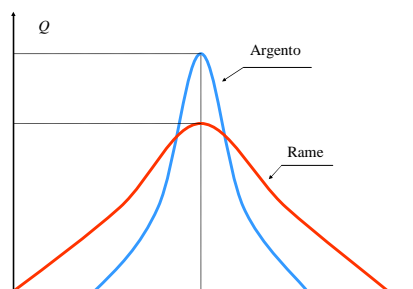


Fig. 31

EFFETTO PELLE

La corrente, con l'aumentare della frequenza, tende a scorrere nella parte periferica del conduttore, tanto che, alle alte frequenze, per risparmiare sul rame come conduttore si potrebbe utilizzare un tubo cavo all'interno. Questo fenomeno elettrico prende il nome di **effetto pelle**. Come visto in precedenza, per migliorare il fattore di merito delle bobine da alta frequenza, che hanno le spire distanziate, si usa argentare in conduttore, perché l'argento ha una resistività minore del rame.

SFASAMENTO FRA TENSIONE CORRENTE

Quando in una bobina o induttore o induttanza ideale circola una corrente alternata, tra la tensione avviene uno sfasamento di 90° . Si dice che la corrente è in ritardo rispetto alla tensione (figura di destra). La bobina reale è generalmente un filo di rame avvolto su di un supporto isolato; il rame ha una resistenza che dipende dalla lunghezza del filo e dalla sezione, che influisce sullo sfasamento della corrente, vedi figure 32 e 33:

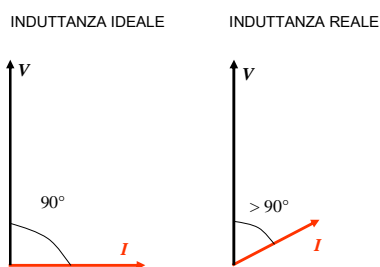


Fig. 32

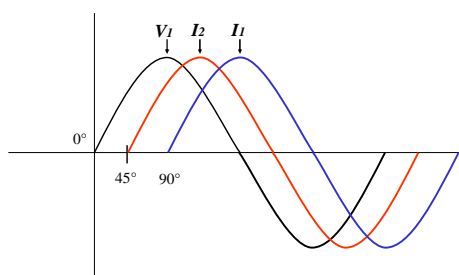


Fig. 33

MUTUA INDUZIONE

La **mutua induzione** (o mutua induttanza) è l'induttanza fra due circuiti elettricamente separati. Il campo magnetico generato da un'induttanza esercita una **forza elettromotrice** sull'altra induttanza, e viceversa. La forza elettromotrice, comunemente abbreviata in **f.e.m.**, è la causa della differenza di potenziale fra due punti di un circuito aperto o del flusso di corrente elettrica all'interno di un circuito elettrico. Nella figura 34 sono rappresentate due bobine di colore rosso percorse dal flusso elettromagnetico evidenziato con le linee blu. Nella foto di destra si vedono chiaramente le due bobine avvolte su di un supporto ferro-magnetico, che prende il nome di ferrite; una bobina è di filo di rame sottile, con un elevato numero di spire, detta anche primario la seconda, è formata da poche spire di filo di grossa sezione detta secondario. Il supporto ferro-magnetico sul quale sono avvolte le bobine prende il nome di ferrite e per la sua conformazione, alla *macchina* in oggetto viene dato il nome di trasformatore toroidale.

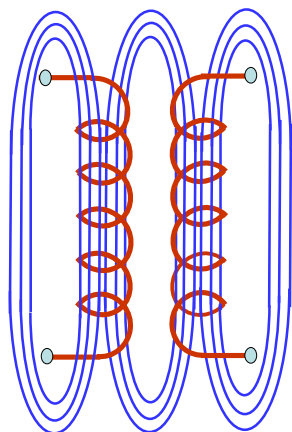


Fig. 34



Il flusso magnetico che circola nel nucleo subisce delle perdite che sono proporzionali alla qualità del materiale utilizzato: migliore è il materiale utilizzato, minori sono le perdite; tra questi, la **ferrite** che è un materiale ceramico dalle **elevate proprietà elettromagnetiche**. La ferrite è solitamente un materiale rigido e fragile, quindi si può scheggiare facilmente o addirittura rompersi, se non viene maneggiata con cura.

Le proprietà elettromagnetiche dei materiali della ferrite possono essere influenzate dalle condizioni esterne, quali: la temperatura, la pressione, la resistenza del campo magnetico, la frequenza ed il tempo.

Ci sono tipicamente due varietà di ferrite: **morbida e dura** (non si tratta di una qualità tattile ma di una caratteristica magnetica). La ferrite “morbida” ha una magnetizzazione temporanea, mentre ferrite “dura” ha una magnetizzazione permanente. La ferrite è una composizione di ferro e metallo bivalente (cioè: ossido di zinco, nichel, e rame). L'aggiunta di tali ossidi di metallo in varie misure, permette la creazione di molti materiali differenti, idonei ad una molteplicità di utilizzi.

TRASFORMATORE

Il trasformatore è una macchina elettrica statica, composta da due avvolgimenti di filo conduttore, entrambi avvolti intorno ad un nucleo di materiale ferromagnetico. I due avvolgimenti, detti rispettivamente primario (N_1) e secondario (N_2), sono separati l'uno dall'altro, ma interagiscono fra loro mediante mutua induzione; tale induzione avviene **solo** applicando una tensione sinusoidale al primario (V_1); solo in questo, ai capi del secondario (V_2) è presente una tensione sinusoidale avente la stessa frequenza, ma di ampiezza diversa. Negli alimentatori, si utilizzano trasformatori riduttori di tensione, la cui tensione presente sul secondario ha ampiezza inferiore a quella applicata sul primario. La figura sottostante riporta il simbolo circuitale del trasformatore.

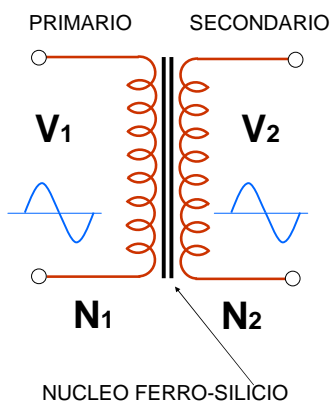


Fig. 35

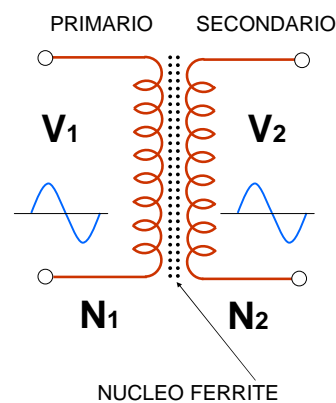


Fig. 36

Supponendo che il flusso magnetico generato dal primario si concateni interamente con l'avvolgimento secondario, nel trasformatore ideale (senza perdite) si dimostra che:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad \text{da cui:}$$

$$V_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot V_1$$

dove N_1 ed N_2 sono rispettivamente il numero di spire del primario e il numero di spire del secondario. Il termine N_2/N_1 prende il nome di rapporto di trasformazione. Quando questo rapporto è maggiore di 1 la tensione al secondario è maggiore di quella applicata al primario. In questo caso il trasformatore è elevatore di tensione. Quando il rapporto di trasformazione è minore di 1, la tensione sul secondario risulta minore di quella applicata sul primario; in questo caso, il trasformatore è detto riduttore di tensione. Si deduce che il numero di spire è direttamente proporzionale alla tensione: aumentando il numero di spire aumenta la tensione e viceversa. In un trasformatore invece la corrente è inversamente

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

proporzionale al numero di spire, come da formula:

La corrente che può erogare il trasformatore dipende dalla potenza nominale, che non è espressa in Watt, ma in Volt-Ampère, perché il trasformatore è un carico induttivo; si ha quindi uno sfasamento tra tensione e corrente. Per calcolare la potenza in corrente alternata, oltre alla tensione ed alla corrente, bisogna conoscere l'angolo di sfasamento tra tensione e corrente. La formula è la seguente: $P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$

L'angolo di sfasamento è indicato con la lettera greca φ .

ACCOPPIAMENTO TRASFORMATORI AD ALTA FREQUENZA

I trasformatori si dividono in due grandi categorie, a bassa frequenza, che sono quelli che abbiamo visto in precedenza, ed ad alta frequenza.

I trasformatori ad alta frequenza sono utilizzati per l'accoppiamento induttivo tra due stadi di amplificazione. La distanza tra primario e secondario determina la larghezza della banda passante. Essi si suddividono in tre tipi: accoppiamento stretto, critico e lasco.

Accoppiamento **lasco**.

In questo tipo di accoppiamento abbiamo il massimo trasferimento di energia, con banda passante larga.

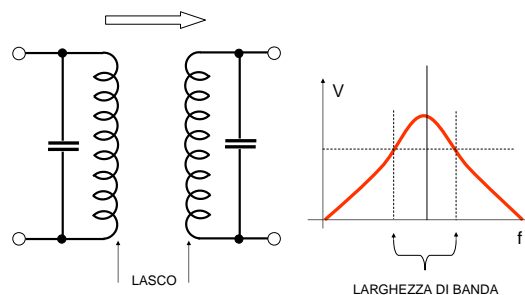


Fig. 37

Accoppiamento **stretto**.

In questo tipo si ha basso trasferimento di energia e banda passante stretta.

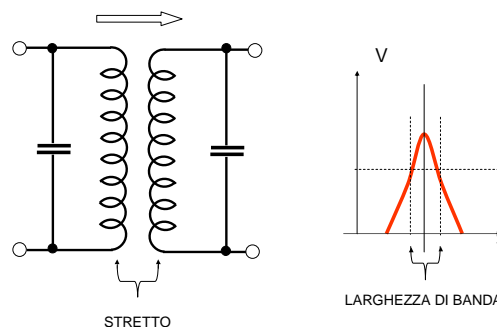


Fig. 38

Accoppiamento critico

Questo caso è intermedio tra i due: buona larghezza di banda e trasferimento di energia.

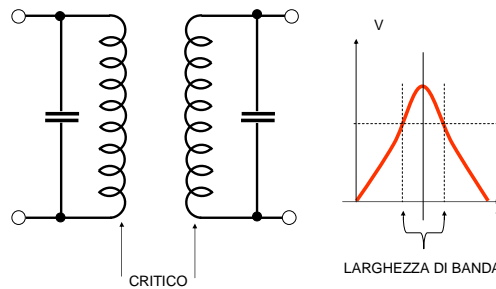
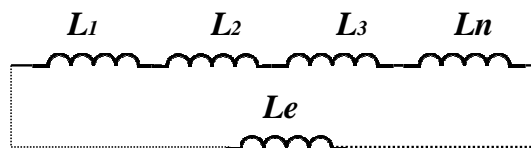


Fig. 39

COLLEGAMENTO INDUTTANZE

Le induttanze o induttori o bobine si possono collegare in serie e in parallelo; nelle figure sottostanti sono indicati vari sistemi di collegamento con le relative formule.

INDUTTANZE COLLEGATE IN SERIE O CASCATA

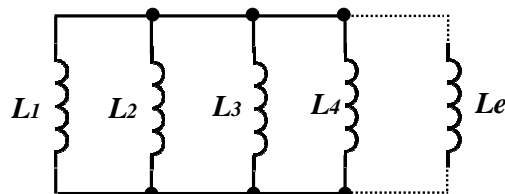


La formula per il calcolo delle induttanze in serie è:

$$L_e = L_1 + L_2 + L_3 + L_n$$

Fig. 40

INDUTTANZE COLLEGATE IN PARALLELO

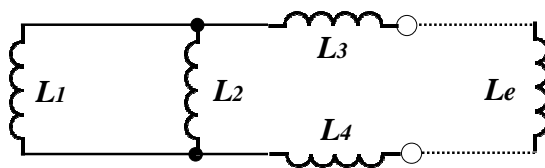


Formula per calcolare l'induttanza equivalente

$$L_e = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_n}}$$

Fig. 41

RESISTORI COLLEGATI IN SERIE-PARALLELO



Per calcolare la resistenza equivalente si procede come segue
prima si calcola la resistenza L_{12} poi si sommano $L_3 + L_4$

$$L_e = \frac{L_1 \times L_2}{L_1 + L_2} + L_3 + L_4$$

Fig. 42

FILTRI

I **filtri** sono suddivisi in tre categorie: passa basso, passa alto e passa banda; a seconda della loro configurazione sono del tipo a **L** (elle), a **T** (ti) e a π (pi greco).

Per analizzare il comportamento dei filtri prendiamo in considerazione le rispettive reattanze, capacitiva ed induttiva. A differenza dei resistori che mantengono inalterata la resistività al variare della frequenza, nei condensatori e nelle induttanze la reattanza (che si misura in ohm) varia con il variare della frequenza. I condensatori non lasciano passare la corrente continua, le induttanze invece, non lasciano passare la corrente alternata

FILTRI PASSA BASSO

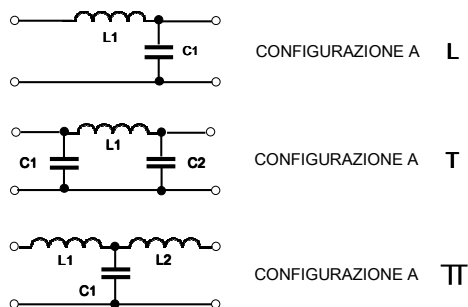


Fig. 43

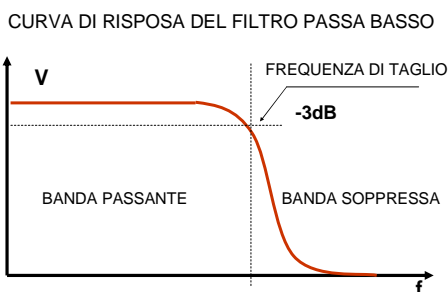


Fig.44

FILTRI PASSA ALTO

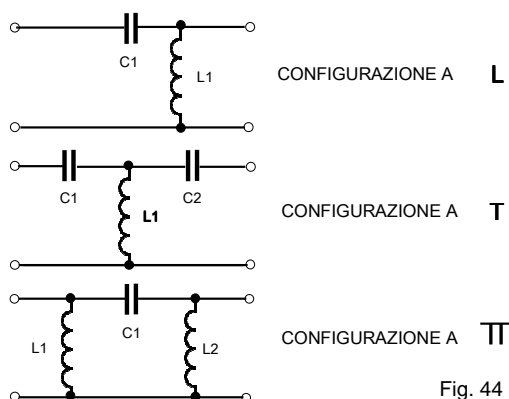


Fig. 44

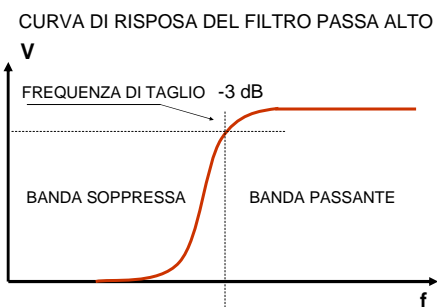


Fig.46

FILTRI PASSA BANDA

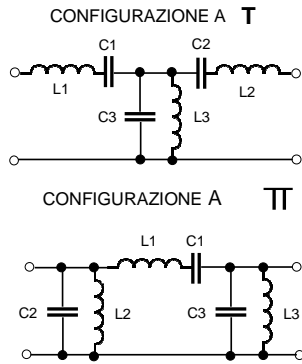


Fig. 47

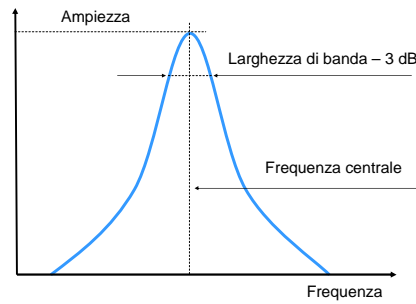


Fig.48

Esiste un altro tipo di filtro che lascia passare un banda molto stretta, esso è il filtro a cristallo di quarzo naturale o sintetico. Esso risulta molto stabile al variare della temperatura. Il quarzo si comporta come un circuito LC in serie. La figura 49 rappresenta un filtro con quattro quarzi in serie collegati in serie.

SCHEMA DI PRINCIPIO DEL FILTRO PASSABANDA AL QUARZO

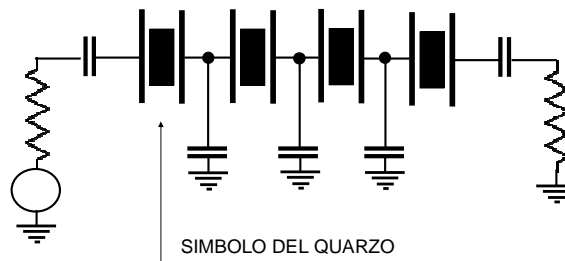


Fig. 49

I filtri sono usati in tante applicazioni; nei ricetrasmittitori si usano i filtri passa basso per ridurre le frequenze armoniche prodotte dagli oscillatori interni al trasmettitore. Negli apparati radio amatoriali per miscelare due antenne che operano su frequenze diverse si utilizza un filtro passa alto e passa basso in un unico contenitore che prende il nome di duplexer, vedi figura 50. Per un filtraggio più selettivo si utilizzano due filtri passa banda, oppure tre se si usa un triplexer.

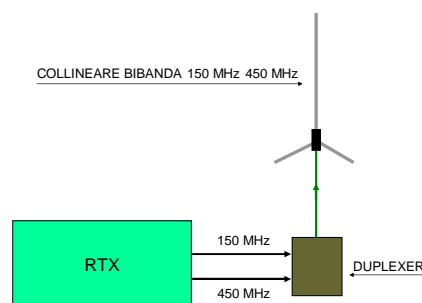


Fig. 50

TIPI DI MODULAZIONE

MODULAZIONE D'AMPIEZZA (AM)

Agli inizi delle telecomunicazioni i radioamatori utilizzavano per i loro radiocollegamenti radio la modulazione di ampiezza. Per modulare in ampiezza sono necessari due segnali che sono, la portante e la modulante: la portante, generata da un oscillatore ad altra frequenza (RF) e la modulante che è un segnale audio, cioè udibile (AF). Per comodità di rappresentazione grafica come modulante useremo un'onda sinusoidale, come da figura 51. Introducendo i due segnali portante e modulante in un apposito circuito detto modulatore, all'uscita otterremo una portante modulata in ampiezza. Si nota che l'involuppo della modulante si trova nella parte superiore della portante modulata in ampiezza, e sfasata di 180° anche nella parte inferiore.

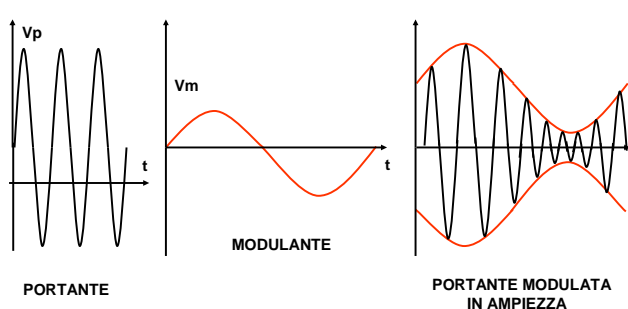


Fig. 51

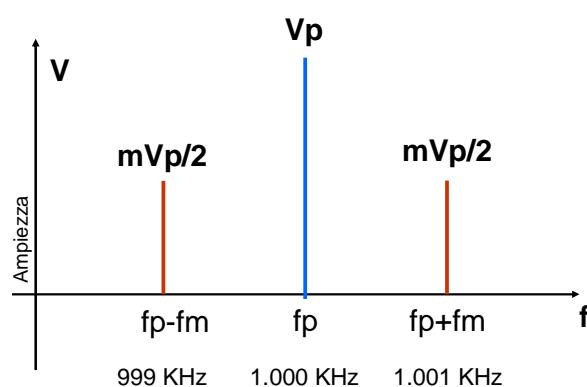


Fig. 52

Per una rappresentazione spetrografica, consideriamo la portante a 1000KHz e la modulante audio a 1KHz, avremo il grafico di figura 52: Nell'asse delle ascisse è riportata la frequenza f e nell'asse delle ordinate l'ampiezza della tensione V .

Per esemplificare, ipotizziamo che la portante (V_p) abbia una frequenza di 1.000KHz, e che la modulante (V_m) abbia una frequenza di 1KHz.

La banda laterale superiore si ottiene sommando la frequenza della portante alla frequenza della modulante (f_p+f_m), avremo una frequenza di 1.001 KHz ($1.000+1$);

la banda laterale inferiore si ottiene sottraendo la frequenza della portante alla frequenza della modulante (f_p-f_m) avremo una frequenza di 999 KHz ($1.000-1$)

La larghezza di banda, di una portante modulata in ampiezza si ottiene sommando il valore della portante con se stessa (es. $1+1 = 2$ KHz). E' intuitivo che più alta è la frequenza modulante, maggiore è la larghezza di banda.

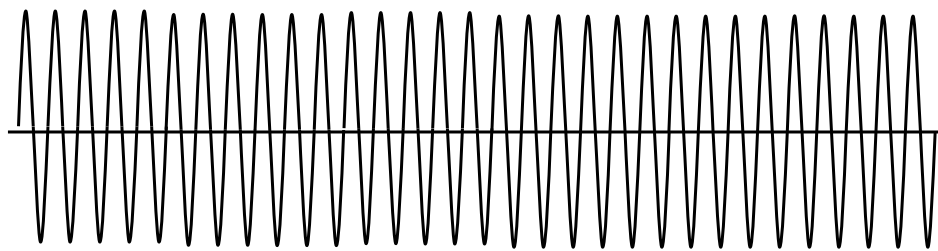
La modulazione di ampiezza è molto sensibile ai disturbi elettrici, essa è stata completamente abbandonata dai radioamatori perché occupa un settore di frequenza troppo ampio, e necessita di elevata potenza. La modulazione di ampiezza è utilizzata ancora dalle broadcasting (emittenti radio commerciali) in onde medie ed in onde lunghe, perché ha una buona propagazione, che si accentua specialmente nelle ore notturne.

(per propagazione si intende collegamento a lunghe distanze)

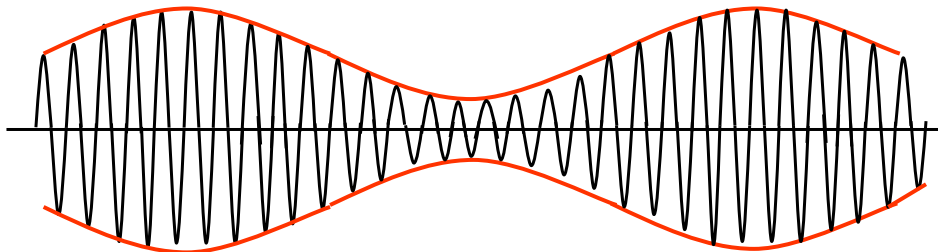
INDICE DI MODULAZIONE

L'indice di modulazione è un parametro molto importante per la modulazione di ampiezza, perché indica quanto un segnale è modulato e solitamente è indicato in percentuale. In telecomunicazioni il valore di m può variare tra 0 (0%) o 1 (100%); oltre il 100% si presenta l'effetto di distorsione, producendo quindi un disturbo che prende il nome di sovr modulazione. Qui sotto sono riportati diversi tipi di modulazione (m).

Sono rappresentati: 0%, 50%, figura 53, 100%, e maggiore del 100%, figura 54.



MODULAZIONE 0 %

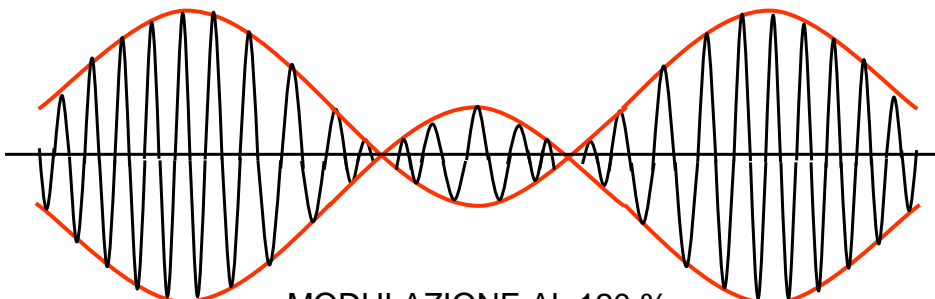


MODULAZIONE AL 50 %

Fig. 53



MODULAZIONE AL 100 %



MODULAZIONE AL 120 %

Fig. 54

MODULAZIONE SSB

Quando si modula in AM con una modulante a 1 KHz occupiamo un'ampiezza di 2 KHz, se eliminiamo una delle bande, la modulante rimane la stessa e risparmiamo potenza in trasmissione. Questo tipo di modulazione si chiama SSB (Single Side Band). Il tipo SSB si divide in USB, se utilizziamo la banda a frequenza superiore, e in LSB se utilizziamo la banda a frequenza inferiore. Nella figura sottostante è rappresentata con riga continua la modulazione USB e in tratteggiata la modulazione LSB.

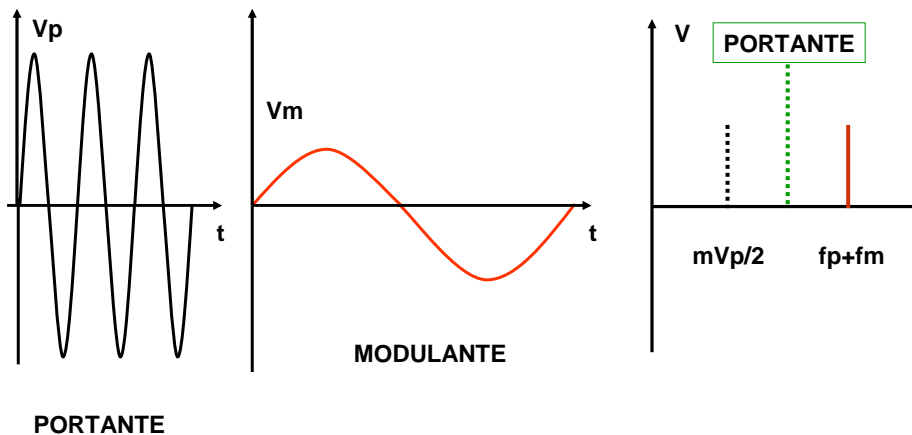


Fig. 55

MODULAZIONE DI FREQUENZA

La modulazione di frequenza, in acronimo FM (dall'inglese **F**requency **M**odulation), è uno dei sistemi utilizzati per trasmettere informazioni utilizzando un segnale a radiofrequenza. La modulazione di frequenza appartiene alle modulazioni ad onda continua, ovvero a quelle che modulano una portante sinusoidale. Nella FM vi è un legame lineare tra deviazione di frequenza e messaggio. La FM consiste nel modulare la frequenza del segnale radio che si intende utilizzare per la trasmissione (detto portante) in maniera proporzionale all'ampiezza del segnale che si intende trasmettere. Rispetto alla modulazione d'ampiezza, ha il vantaggio di essere molto meno sensibile ai disturbi e di permettere una trasmissione di miglior qualità. Ha inoltre un'efficienza molto maggiore, dato che la potenza del segnale modulato FM è esclusivamente quella della portante: il segnale di informazione, cioè, non richiede potenza aggiuntiva per essere trasmesso.

Il difetto principale è la necessità di circuiti molto più complessi sia per la generazione del segnale da trasmettere che per la sua ricezione. L'attuale tecnologia ha permesso di superare agevolmente tali problematiche, con il risultato che le trasmissioni in modulazione di frequenza sono sempre più usate a discapito di quelle a modulazione di ampiezza, soprattutto in ambito di broadcasting commerciale. La modulazione di frequenza è ampiamente usata dai radioamatori nelle gamme VHF – UHF – SHF.

Nel caso della modulazione di frequenza, invece di larghezza di banda si preferisce chiamare deviazione di frequenza. Nella FM la deviazione di frequenza Δf indica la massima differenza tra la frequenza della portante modulata e la frequenza della portante non modulata, vedi figura 56.

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLA MODULAZIONE DI FREQUENZA

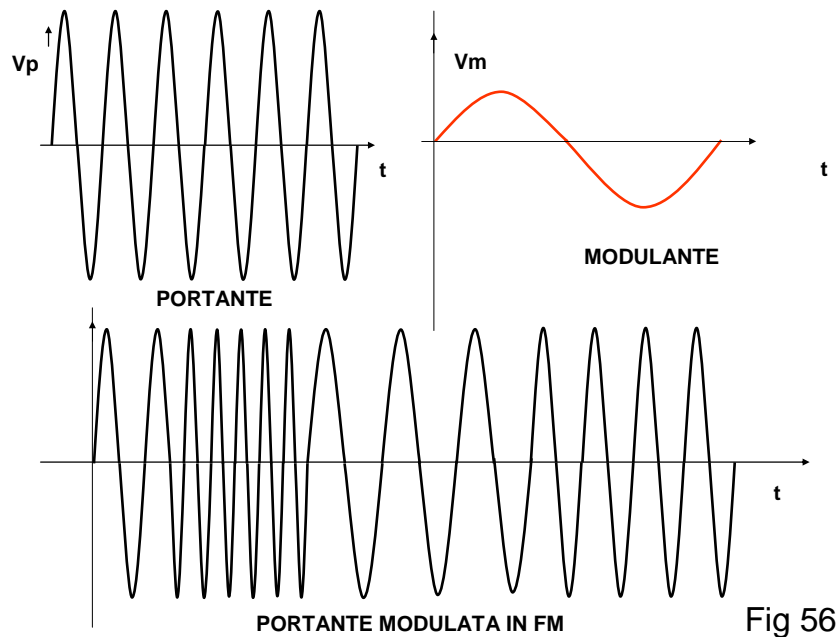


Fig 56

MODULAZIONE DI FASE (PM)

Nella modulazione di fase, l'informazione da trasmettere è racchiusa nella **fase** della portante, mentre l'**ampiezza della portante rimane sempre invariata**.

Come nella modulazione di frequenza, però anche la frequenza del segnale modulato varia, rendendo questo tipo di modulazione analogica molto simile a quella di frequenza.

Nel primo grafico si nota che la modulante è sfasata di 180° . Nel secondo è schematizzata la portante modulata di fase (**PM - Phase Modulation**); come accennato, non è possibile distinguere la modulazione di frequenza rispetto alla modulazione di fase, perché l'ampiezza del segnale non varia, vedi figura 57.

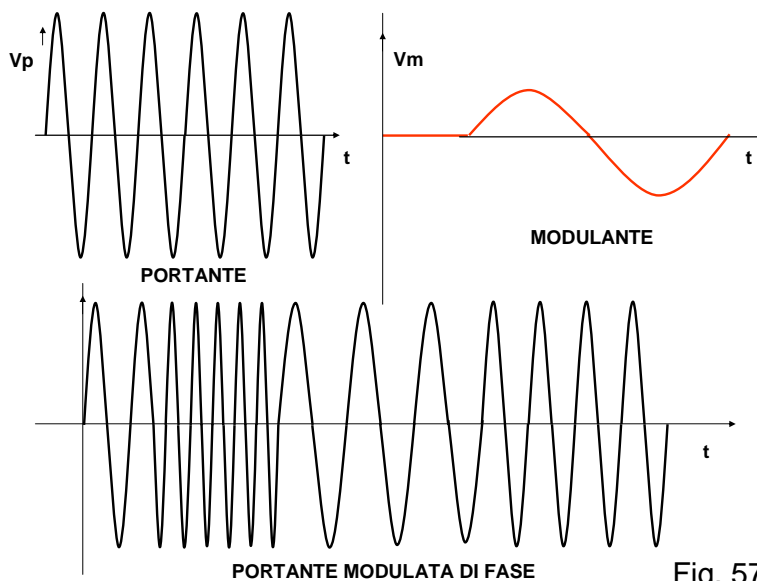


Fig. 57

TRASDUTTORI

Col termine "Trasduttori" si indicano quei componenti che trasformano i segnali non elettrici in segnali elettrici e viceversa. Si tratta di una categoria molto importante: infatti è proprio grazie ad essi che l'elettronica riesce a fare ben più che una semplice (e di per sé inutile) manipolazione di segnali elettrici. Il numero dei trasduttori è molto ampio.

PIEZOELETTRICITA'

La **piezoelettricità** (la parola deriva dal greco e significa "premere, comprimere"): è la proprietà di alcuni cristalli di generare una differenza di potenziale quando sono soggetti ad una deformazione meccanica. Tale effetto è reversibile e si verifica su scale dell'ordine dei nanometri.

Il funzionamento di un cristallo piezoelettrico è abbastanza semplice: quando viene applicata una pressione (o decompressione) esterna, si posizionano, sulle facce opposte, cariche di segno opposto. Il cristallo, così, si comporta come un condensatore al quale è stata applicata una differenza di potenziale. Se le due facce vengono collegate tramite un circuito esterno, viene quindi generata una corrente elettrica detta **corrente piezoelettrica**. Al contrario, quando si applica una differenza di potenziale al cristallo, esso si espande o si contrae.

Dal punto di vista della struttura cristallina, i materiali piezoelettrici hanno normalmente varie configurazioni geometriche equivalenti dal punto di vista dell'energia, cioè della stabilità del sistema, ma orientate diversamente. Ad esempio, il titanato di bario ($BaTiO_3$) ha una cella di forma romboidale che può allungarsi lungo uno qualsiasi dei tre assi principali. Per fargli acquisire proprietà piezoelettriche il materiale viene riscaldato e immerso in un campo elettrico in modo da farlo polarizzare e raffreddare. Alla fine del processo il materiale ha tutte le celle deformate nella stessa direzione; è importante notare che solo lungo questa direzione si hanno proprietà piezoelettriche. Al contrario, quando si applica una differenza di potenziale al cristallo, esso si espande o si contrae lungo un asse determinato provocando una vibrazione anche violenta. L'espansione volumetrica è facilmente pilotabile ed è strettamente dipendente dalla stimolazione elettrica.

La figura 58 rappresenta schematicamente un fonorivelatore o pickup piezoelettrico

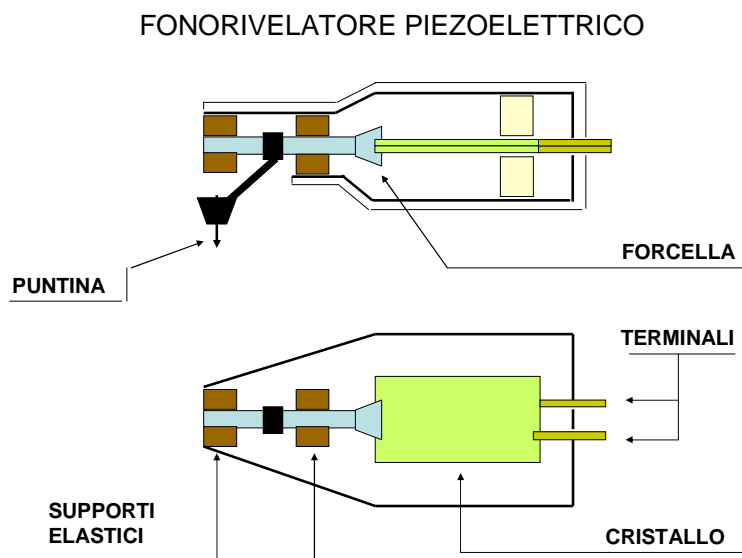


Fig. 58

MICROFONI

Il microfono è un trasduttore elettroacustico, che trasforma l'energia acustica in elettrica in modo indiretto: l'energia sonora viene trasformata in energia meccanica per azione delle onde di pressione su un organo mobile, il quale spostandosi provoca la nascita di una grandezza elettrica (generalmente una tensione) proporzionale all'entità dello spostamento (*microfono a spostamento*) o alla velocità di spostamento (*microfono a velocità*). I microfoni piezoelettrici e quelli elettrostatici appartengono alla prima categoria, quelli elettrodinamici o magnetodinamici, appartengono alla seconda.

MICROFONO PIEZOELETTRICO

Il microfono piezoelettrico funziona sullo stesso principio del fonorivelatore piezoelettrico, perché sfrutta anch'esso l'effetto piezoelettrico, cioè la nascita di una tensione tra le due facce opposte di una lamina di cristallo di quarzo (o di cristalli di Rochelle) sottoposta a una deformazione meccanica per compressione o flessione. Al posto della puntina vi è una membrana, quest'ultima fa variare la pressione esercitata su una lamina di cristallo piezoelettrico, generando tra le due facce del cristallo una leggera differenza di potenziale. Il cristallo piezoelettrico è molto fragile e deve essere protetto dagli urti accidentali.

MICROFONO ELETTROSTATICO

È detto anche *microfono a condensatore*, perché si basa sulle variazioni di capacità determinate dalle onde sonore che colpiscono una membrana che costituisce una delle due armature di un condensatore (l'altra è una piastra metallica fissa). Più costoso e delicato dei microfoni dinamici, il suo impiego è generalmente limitato al settore professionale (studi televisivi e sale di registrazione). La disponibilità di nuovi materiali ha permesso la realizzazione degli *electred*, microfono a condensatore, nei quali l'elettrodo fisso viene preventivamente caricato elettricamente: non necessitano quindi di un alimentatore esterno; sono più economici degli altri e quindi accessibili anche agli amatori dell'alta fedeltà. Vedi Figura 59.

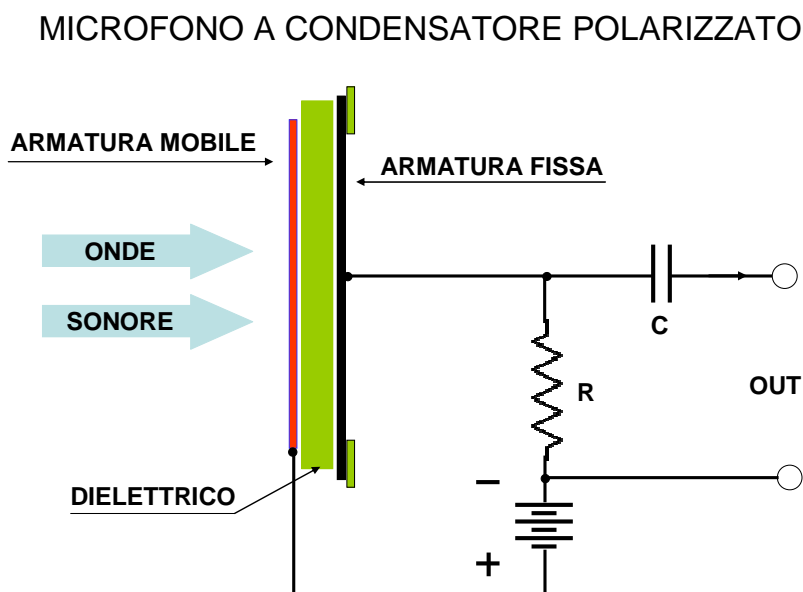


Fig. 59

MICROFONI MAGNETODINAMICI

Il loro funzionamento è analogo all'inverso di quello degli altoparlanti magnetodinamici. Una membrana, costituita generalmente da una sottile cupola di plastica o alluminio, capta le compressioni e rarefazioni prodotte dalle onde sonore e si mette ad oscillare avanti e indietro perpendicolarmente alla sua sospensione (si pensi al cono di un altoparlante). Solidale con questa membrana è una leggerissima bobina circolare di filo di rame smaltato (isolato) che scorre su un nucleo magnetico ed è immerso nel campo magnetico generato da un magnete permanente, o calamita.

Il movimento della bobina, causato dalle onde sonore, provoca nelle sue spire una corrente detta corrente indotta il cui verso (positivo o negativo) dipende dal verso in cui avviene il suo movimento.

Essendo questo alternato (avanti e indietro) dà luogo ad una corrente alternata. La forza elettromotrice (f.e.m.) di questa corrente indotta aumenta quando maggiore è la velocità di spostamento e l'escursione della bobina.

La f.e.m. aumenta, inoltre, anche quando a parità di velocità ed escursione, la bobina è composta di più spire.

Si può quindi dire in definitiva che questo fenomeno dipende dalla variazione del flusso di induzione magnetica attraverso le spire costituenti la bobina.

Chiaramente ad una f.e.m. maggiore corrisponde anche una tensione di uscita del microfono più elevata.

L'impedenza di uscita dei microfoni magnetodinamici varia dai 150 ai 600 Ohm e se dotati di trasformatore di impedenza raggiungono i 50 KOhm: chiaramente la bassa impedenza permette l'uso di cavi molto lunghi senza problemi di rumore o di decadimento dei suono. Per quanto concerne la sensibilità, questa è direttamente proporzionale alla tensione fornita in uscita.

Infatti, a parità di sollecitazione sonora (generalmente 1 microbar), il microfono più sensibile fornisce una tensione maggiore in uscita, compresa tra i 0,1 e 0,2 mV/microbar (microbar).

La sensibilità viene espressa oltre in mV/microbar e dB, anche in mV/Pa, dBm e dBV.

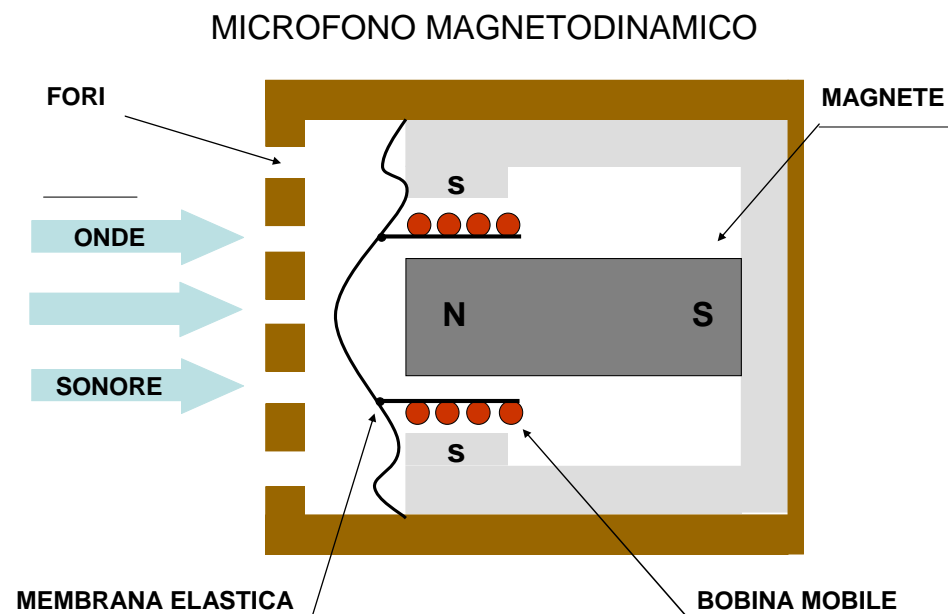


Fig. 60

ALTOPARLANTE

L'altoparlante magnetodinamico è il tipo più diffuso in commercio perché è montato sulla stragrande maggioranza dei diffusori sonori o casse acustiche. Il loro principio di funzionamento è come per molti trasduttori piuttosto semplice: una **bobina mobile** è immersa in il campo magnetico generato da un **magnete permanente**.

Se applichiamo tensione continua (CC) alla bobina mobile, in essa circola una corrente che genera un campo elettromagnetico; questo si oppone al campo magnetico permanente; la bobina, essendo collegata saldamente al cono, subisce uno spostamento. Per convenzione, quando il cono si sposta in avanti, la polarità dei terminali coincide con la polarità della pila (più col più, meno col meno).

A questo punto se invertiamo la polarità della pila il cono si sposta in senso opposto, cioè rientra; se applichiamo alla bobina mobile una tensione alternata che ogni 180° si inverte di polarità il cono si sposta avanti-indietro con una frequenza che è la stessa della frequenza alternata applicata. L'aria spostata dal cono dell'altoparlante giunge al nostro orecchio, che trasforma il movimento meccanico in impulsi elettrici che sono poi decodificati dal nostro cervello. L'orecchio è un trasduttore naturale che si può paragonare ad un microfono. Nella figura sottostante è rappresentato in sezione un altoparlante.

Il magnete permanente è generalmente formato da una lega di Alluminio, Nichel e Cobalto e Ferro (**AlNiCo**).

La Philips ha sviluppato anche una lega di Titanio, Cobalto, Nichel, Alluminio (**TiCoNAI**). Molto utilizzato per produrre magneti permanenti è **neodimio (NdFeB)**. Per la particolare leggerezza rispetto all'AlNiCo è utilizzato per produrre auricolari e per altoparlanti particolarmente sensibili alle frequenze alte; ad esempio i tweeter al neodimio si caratterizzano per l'elevata brillantezza del suono.

Per concentrare fortemente il campo magnetico permanente, la fessura, dove è alloggiata la bobina mobile, è molto stretta e prende il nome di traferro. Per forzare lo spostamento avanti-indietro, il cono è fissato saldamente al cestello su dei supporti elastici. La cupola ha la funzione di evitare che la polvere entri nel traferro, bloccando lo scorrimento della bobina mobile.

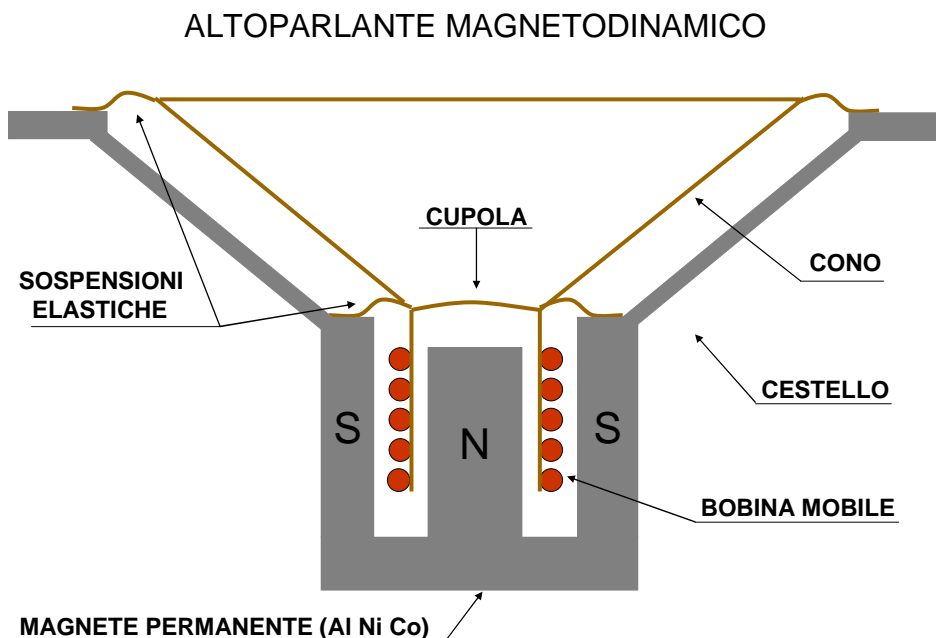


Fig. 61

STRUMENTI DI MISURA

In commercio vi sono diversi tipi di strumenti di misura. Essi si dividono in analogici (amperometri, voltmetri, ohmmetri) e digitali (Il **tester** raggruppa i tre strumenti in un unico contenitore).

Gli strumenti analogici generalmente sono del tipo magnetoelettrico.

Con l'aiuto della figura 62 analizziamo come è composto uno strumento di misura.

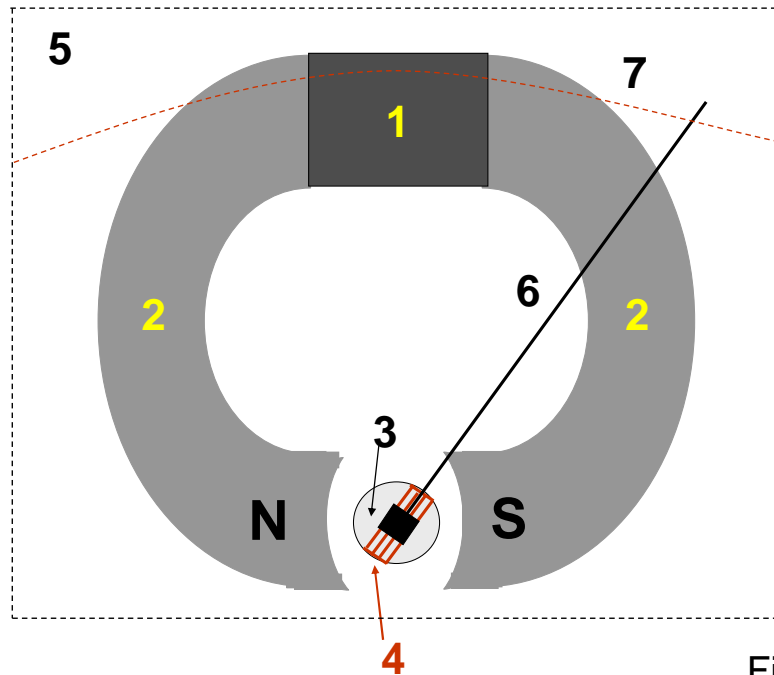


Fig. 62

Lo strumento è formato da un magnete permanente (1) al quale vi sono incollati due pezzi di metallo ferromagnetico (2) che fanno convergere il campo magnetico **Nord Sud** sul supporto cilindrico di alluminio (3), sul quale sono avvolte numerose spire di rame sottilissimo; queste spire compongono la bobina (4). Incollato al magnete permanente vi è un scala graduata (5) in funzione del tipo di lettura (volt,ampere, ohm); infine, al supporto cilindrico è fissato un indice che visualizza lo spostamento della bobina.

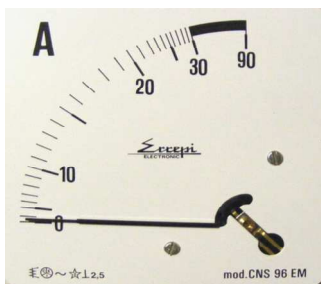
La bobina quando è percorsa da corrente genera un campo elettromagnetico che interagisce col flusso del magnete permanente, determinando lo spostamento dell'indice che è collegato alla bobina: più alta è la corrente maggiore è lo spostamento dell'indice.

Al cessare della corrente l'indice rimarrebbe sempre nella stessa posizione; per evitare ciò, vi è fissata una molla antagonista a forma di spirale, simile a quella degli orologi meccanici, che lo riporta all'inizio della scala. Per bloccare l'escursione eccessiva, all'inizio e in fondo alla scala sono posti dei fermi per impedire all'indice oltrepassare il limite assegnato alla scala. Negli strumenti di tipo elettromagnetico la scala è rappresentata da numeri equidistanti tra di loro (ad esempio 1 A = 1 cm; 2 A = 2 cm; 3 A = 3 cm, e così via); ciò sta ad indicare che l'indice ha un'escursione lineare. Il fondo scala è il punto in cui l'indice ha raggiunto la massima escursione.

AMPEROMETRO

L'amperometro è uno strumento che misura la corrente che scorre nel circuito da analizzare. L'indice, come abbiamo visto, siccome si sposta al variare della corrente, si chiama amperometro; ma essendo la bobina di filo sottile, in essa potrà circolare una corrente nell'ordine di milliampere; per aumentare la capacità di lettura bisogna mettere in parallelo alla bobina una resistenza comunemente chiamata **shunt**, che funge da partitore di corrente. Per leggere un'ampia gamma di correnti si cambia la resistenza di **shunt**. Nella figura 63 è rappresentato un amperometro con due portate **Fondo Scala**, una da 1 A e l'altra da 10 A. Lo strumento ha una resistenza interna R_i , nella quale può scorrere una corrente massima di 0,1 A; per avere una portata di 1 A **FS** si deve collegare in parallelo una resistenza di valore più basso R_1 nella quale dovranno circolare 0,9 A. Per avere una portata di 10 A **FS** si collega in parallelo una resistenza in modo tale che la corrente massima che circola in R_2 sia di 9,9 A. Gli amperometri per la lettura della corrente devono essere collegati in **serie** al carico o utilizzatore.

COME SI PRESENTA UN AMPEROMETRO A MAGNETE MOBILE



SCALA GRADUATA



VISTA DALL'ALTO
SENZA SCALA GRADUATA



VISTA DELLE DUE
GROSSE SPIRE

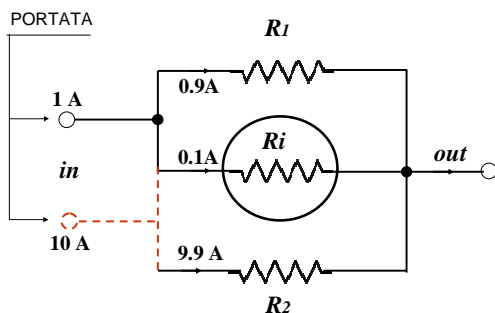


Fig. 63

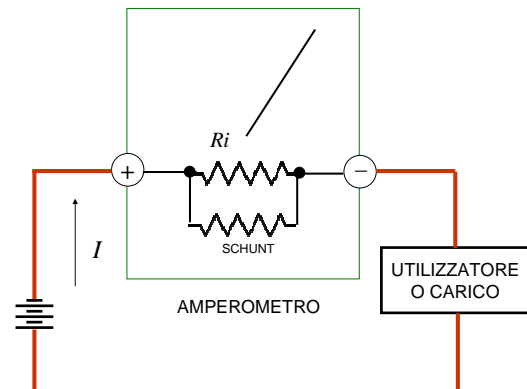


Fig. 64

VOLTMETRO PER TENSIONE CONTINUA (CC)

In pratica non esiste nessuna differenza tra un voltmetro magnetoelettrico e un amperometro. L'unica vera differenza consiste nel fatto che il voltmetro ha un equipaggio che è un milliamperometro e in serie ha una resistenza di elevato valore ed esattamente tarata. In questo modo se applichiamo una tensione ai capi della serie (milliamperometro - resistenza di grande valore), nello strumento circola una corrente che è proporzionale alla tensione applicata. La scala viene tarata direttamente in volt o suoi multipli/sottomultipli. Per misurare tensioni più elevate, basta aumentare la resistenza in serie all'equipaggio mobile.

Una caratteristica presente nei voltmetri è la resistenza per unità di tensione. Più questo valore è elevato, più lo strumento è un buono strumento e va a perturbare poco il nostro circuito. In genere un voltmetro magnetoelettrico ha $20.000 \Omega/v$, che vuol dire che ad ogni volt di caduta di tensione corrisponde una resistenza di 20.000Ω . Con questi valori possiamo dire che è un voltmetro di buona qualità. Il Voltmetro per le misure di tensione va posto in parallelo al carico o utilizzatore. Questo strumento misura solo la tensione continua (CC).

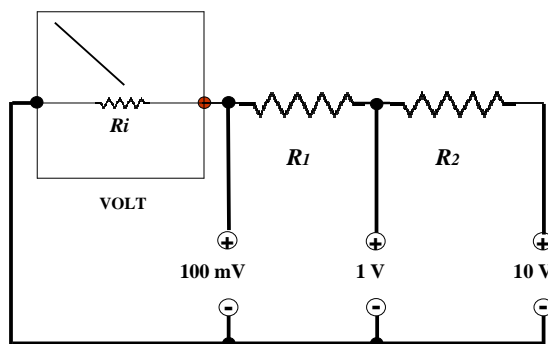


Fig. 65

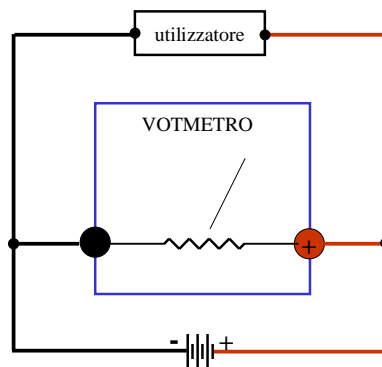


Fig. 66

VOLTMETRO PER TENSIONE ALTERNATA (CA)

Il voltmetro che abbiamo analizzato non è in grado di leggere la tensione alternata; perché possa leggere tale tensione si ricorre ad un raddrizzatore a ponte di diodi, che trasforma la tensione alternata in tensione positiva. La scala dello strumento tarata in modo opportuno, leggerà il valore efficace della tensione ($V_p * 0,707$).

La figura 67 rappresenta lo schema di principio del voltmetro in CA.

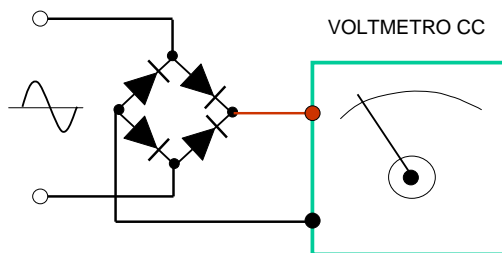


Fig. 67

OHMMETRO

L'ohmmetro è uno strumento per misurare le resistenze elettriche; come strumento base si utilizza sempre lo stesso milliamperometro. Ma per misurare il valore della resistenza incognita R_X necessita di un'alimentazione in CC. La scala dello strumento è tarata al contrario del voltmetro-amperometro. Quando si cortocircuitano i puntali, l'indice dello strumento va in fondo scala; inoltre la scala non è graduata in modo lineare come nel voltmetro-amperometro, ma ha una progressione logaritmica, parte dall'infinito fino a zero del fondo scala. Nella figura 68 è la rappresentazione schematica dell'ohmmetro.

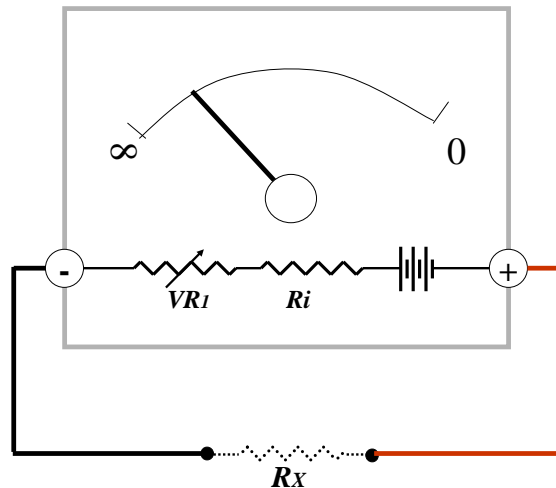


Fig. 68

COLLEGAMENTO STRUMENTI

Nella figura 69 è indicato come devono essere collegati gli strumenti.

L'amperometro deve essere collegato in serie al carico, a valle, cioè vicino al carico; il voltmetro deve essere collegato in parallelo al carico, a monte, cioè vicino al generatore, perché non deve leggere la piccola caduta di tensione dovuta alla resistenza interna dell'amperometro (nel nostro caso il generatore Corrente Continua è una batteria).

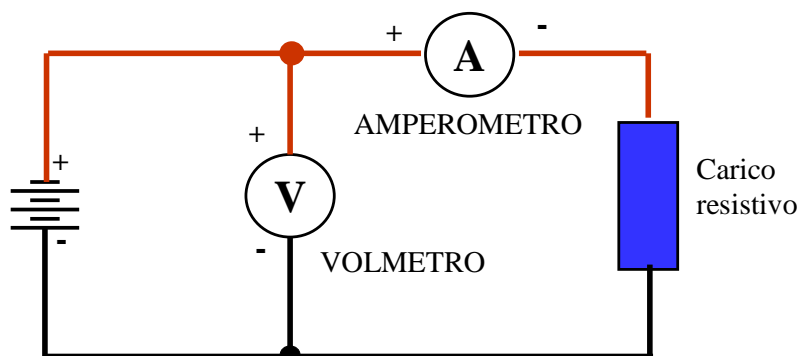


Fig. 69

OSCILLOSCOPIO

L'**oscilloscopio** è uno strumento di misura elettronico che consente di visualizzare, su un grafico bidimensionale, l'andamento temporale dei segnali elettrici e di misurare abbastanza semplicemente tensioni, correnti, potenze ed energie elettriche. L'asse orizzontale del grafico solitamente rappresenta il tempo, rendendo l'oscilloscopio adatto ad analizzare grandezze periodiche, L'asse verticale rappresenta la tensione.

La frequenza massima dei segnali visualizzabili, così come la risoluzione temporale, ovvero la più rapida variazione rilevabile, dipende dalla banda passante dello strumento, a sua volta dipendente dalla qualità e in ultima analisi dal costo. Si spazia dalle decine di megahertz adatti per lavorare con segnali audio e televisivi, ai costosi modelli digitali da diversi gigahertz.

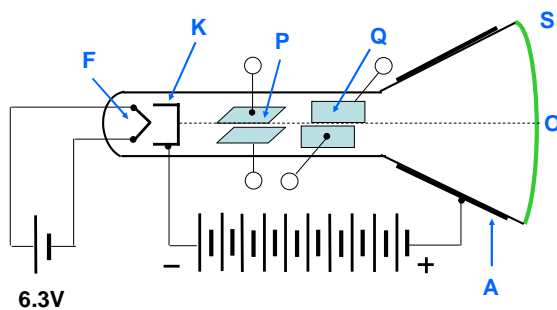


Fig. 70

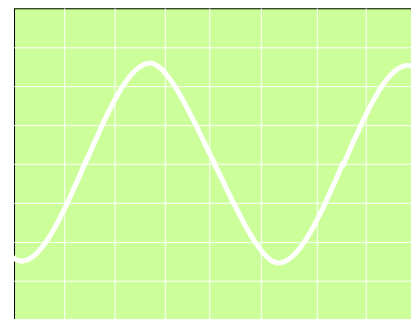


Fig. 71

L'oscilloscopio può essere considerato uno strumento universale; collegandogli appropriati trasduttori si può analizzare qualsiasi fenomeno fisico, anche eventi casuali e non ripetitivi. Il metodo all'oscilloscopio si basa sulla deflessione di un fascio di elettroni all'interno di un tubo catodico. La deflessione può essere ottenuta con un campo magnetico oppure con un campo elettrico; in entrambi i casi la tensione può essere calcolata per confronto con la deflessione prodotta da una tensione di riferimento nota, o letta direttamente su una scala graduata costituita dal reticolo posizionato sulla superficie del tubo. Negli oscilloscopi ad alte prestazioni, il voltmetro è integrato nel circuito dello strumento, fornendo in forma digitale sullo schermo il valore in tensione del segnale elettrico visualizzato, La precisione di questo tipo di lettura è comunque inferiore a quella effettuata con un multimetro o voltmetro digitale da banco.

In linea di massima funziona nel seguente modo (vedi figure 70 e 71) :

Dal catodo **K**, chiamato anche cannone elettronico, per emissione termoelettrica, vengono emessi elettroni **O** che accelerati dall'anodo **A** si infrangono contro lo schermo **S**, che è cosparso di un materiale che, colpito dagli elettroni, produce luminosità. Gli elettroni vengono deviati verticalmente dalle placchette **P** polarizzate da una tensione a dente di sega ed orizzontalmente dalle placchette **Q** pilotate dalla tensione da analizzare, opportunamente amplificata. Senza entrare troppo nei dettagli, con questo sistema è possibile vedere sullo schermo in tempo reale qualsiasi tipo di forma d'onda. I Televisori (TRC Tubo a Raggi Catodici), funzionano allo stesso modo, ma la deflessione del raggio avviene mediante bobine poste sul collo del cinescopio; nel primo caso parliamo di deflessione elettrostatica, nel secondo, di deflessione elettromagnetica.

CONTATORE DI FREQUENZA

Il contatore di frequenza, o frequenzimetro, permette di vedere la frequenza di trasmissione. In questo caso il dispositivo è posto all'esterno del trasmettitore; se è incorporato al RTX permette di vedere sia la frequenza di ricezione che di trasmissione. Si chiamano contatori di frequenza perché usano circuiti integrati digitali che contano gli impulsi dell'oscillatore locale, detti impulsi opportunamente modificati, che sono visibili sul display.



RIFLETTOMETRO A PONTE

Non è altro che uno strumento simile al rosmetro, ma molto più preciso e sofisticato che permette di misurare sia la potenza riflessa dall'antenna, che la potenza incidente (la potenza in uscita dal trasmettitore).

Questo strumento è utilizzato in prevalenza a livello professionale, dove è richiesta grande precisione.

ONDAMETRO AD ASSORBIMENTO

L'Ondametro ad assorbimento, chiamato anche **Grid Dip Meter** (vedi schema figura 72), non è altro che un semplice ricevitore a diodo, con una bobina **L** posta all'esterno del mobiletto, ed un condensatore variabile **C** con scala graduata; praticamente è un circuito risonante variabile (LC). La bobina dell'ondametro, che è intercambiabile (come da figura), si deve avvicina al circuito risonante da analizzare; poi, mediante la manopola posta sullo strumento, si regola la capacità del condensatore variabile fino a quando la lancetta dello strumento (vumetro) fa un guizzo; ciò sta ad indicare che i due circuiti hanno la stessa frequenza di risonanza, che si leggerà sulla scala graduata dell'ondametro. Grazie a questo strumento senza collegamenti diretti, con il circuito LC da testare, possiamo rilevare la frequenza di risonanza del circuito LC in prova.

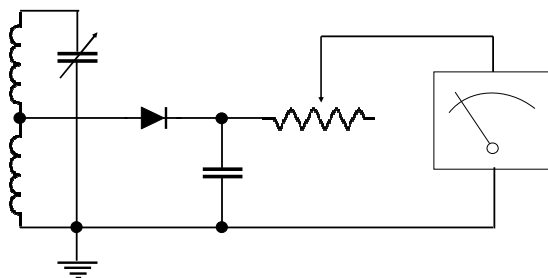


Fig. 72



VALVOLA TERMOIONICA

La **valvola termoionica** (o **tubo a vuoto**) è stato il primo componente elettronico "attivo" realizzato dall'uomo. Per "attivo" s'intende un componente che, grazie ad una fonte esterna d'energia, è in grado di aumentare la potenza di un segnale posto al suo ingresso.

La storia

THOMAS EDISON, in una notte del marzo dell'anno 1884, nel suo piccolo laboratorio, si era preoccupato perché nella lampadina con filamento ad incandescenza chiusa in un'ampolla di vetro dalla quale aveva aspirato l'aria, aveva constatato che, dopo alcune ore di funzionamento, il vetro interno dell'ampolla diventava nero, riducendo la luminosità iniziale. Fece diverse prove per eliminare tale fenomeno negativo. Tra le altre provò ad inserire al di sopra del filamento una sottile lamina di metallo: una specie di schermo per raccogliere delle impurità rilasciate dal filamento durante l'incandescenza.

Con questo sistema non eliminò il fenomeno dell'annerimento dell'ampolla di vetro, ma scoprì un fenomeno nuovo che negli anni seguenti si rilevò di fondamentale importanza nelle comunicazioni a distanza via etere: egli constatò che il passaggio di elettroni poteva avvenire non solo nei conduttori, ma anche che nel vuoto.

Praticamente scoprì che dal filamento della lampadina - senza contatto alcuno - scorreva un flusso di elettroni verso la lamina metallica applicata al di sopra del filamento stesso. Edison accertò che collegando il polo positivo di una pila alla lamina metallica della sua lampadina ed il polo Negativo al filamento, avveniva un passaggio di corrente attraverso il vuoto senza un normale collegamento di rame o metallico. Accertò inoltre che invertendo le polarità della Pila (Positivo sul filamento e Negativo sulla lamina), il passaggio di corrente cessava completamente. Dopo circa 20 anni (1904) lo scienziato A. Fleming prese seriamente a cuore la scoperta di Edison e volle andare a fondo sulla questione del fenomeno. Accertò che quando un filamento immerso nel vuoto diventa incandescente gli elettroni negativi che ruotano attorno ai loro nuclei (atomi) sfuggono dalle loro orbite proporzionalmente alla temperatura dello stesso filamento e attirati velocemente dalla piastrina metallica con polarità positiva. Fleming chiamò la piastrina metallica placca raccogliitrice; successivamente fu chiamata placca o anodo. Intorno al 1907, un altro scienziato, L. De Forest, studiò e sviluppò la scoperta di Edison: accertò che gli elettroni, cioè la corrente circolante nel vuoto fra Filamento e Placca, poteva essere regolata inserendo un filo metallico a forma di spirale tra il filamento e la Placca. Il flusso di elettroni poteva essere regolato se si variava la tensione applicata a questa spirale, che fu chiamata griglia controllo.

VALVOLE TERMOIONICHE

Le valvole termoioniche o tubi elettronici a vuoto sono classificati in base al numero di elementi che contengono. Il tubo elettronico, detto diodo, ha due elettrodi, quello detto triodo ne ha tre, il tetrodo quattro ed il pentodo cinque elettrodi. Successivamente sono stati aggiunti altri elettrodi, ma queste valvole termoioniche non hanno avuto una grande diffusione. Per risparmiare spazio sono state fabbricate delle valvole che in unico tubo contenevano due diodi, due triodi, un triodo ed un pentodo; quest'ultimo ha avuto un largo uso nelle valigette giradischi portatili.

DIODO

L'anodo è polarizzato con una tensione positiva, mentre il catodo con una negativa. Il catodo, riscaldato da un apposito filamento, emette elettroni che sono particelle di carica negativa. Quando l'anodo è polarizzato positivamente si avrà che gli elettroni emessi dal catodo vengono attirati dall'anodo, creando così un flusso di cariche, ovvero una corrente elettrica. Se polarizzassimo il catodo positivamente e l'anodo negativamente non riusciremmo più ad ottenere un flusso di cariche, dal momento che gli elettroni emessi dal catodo verrebbero respinti dal campo negativo dell'anodo. Il tubo permette quindi alla corrente di scorrere solamente lungo un verso, e permette quindi il raddrizzamento elettrico. Nei tubi a potenza più bassa il catodo e il filamento sono elettrodi indipendenti e isolati elettricamente; Il filamento riscalda il catodo e quest'ultimo emette gli elettroni coinvolti nella conduzione. La valvola diodo, per la proprietà che ha di lasciare passare la corrente in un solo senso, è utilizzata come rettificatore della corrente alternata, nel senso che lascia passare solo la semionda positiva.

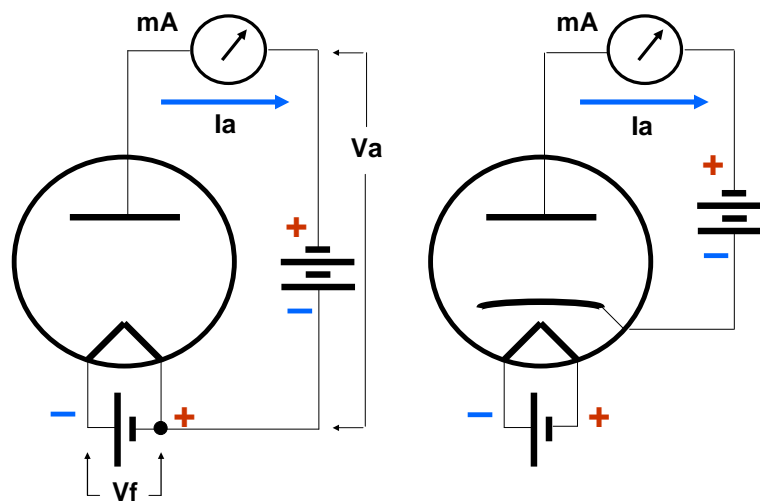


Fig. 73

Nella prima figura di sinistra il filamento è anche il catodo.

Nella seconda figura di destra il diodo ha catodo e filamento.

I_a = corrente anodica V_a = tensione anodica V_f = tensione di filamento

TRIODO

Aggiungendo una griglia tra il catodo e l'anodo, come fece per primo Lee de Forest nel 1907, si ottiene il triodo.

La griglia, che è generalmente costituita da un filo avvolto a spirale o da una rete interposta nello spazio intorno al catodo, è in grado, opportunamente polarizzata, di controllare il flusso di elettroni tra catodo ed anodo: polarizzata negativamente rispetto al catodo, questa respinge gli elettroni del flusso, tanto più quanto più è polarizzata negativamente, fino alla tensione di interdizione in cui la corrente è zero. Variando la tensione della griglia si può controllare il flusso di corrente fra anodo e catodo, da zero fino al massimo che la valvola consente (saturazione). Una piccola variazione di tensione sulla griglia provoca una notevole variazione della corrente anodo-catodo, ottenendo una amplificazione.

I triodi sono usati principalmente come preamplificatori di **Audio Frequenza (AF)**, che in precedenza era detta bassa frequenza (BF). Lo schema in figura 74 rappresenta la classica configurazione di un triodo preamplificatore di bassa frequenza. Nella figura 75 è rappresentata la curva caratteristica del triodo.

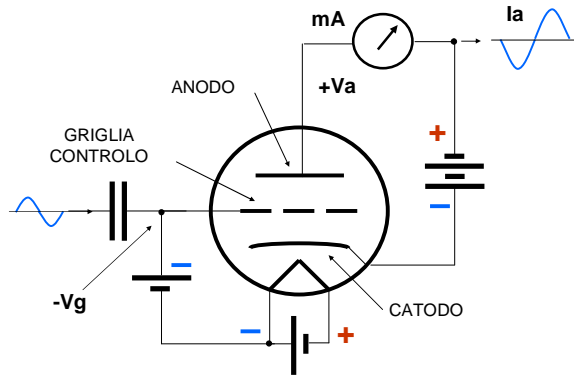


Fig. 74

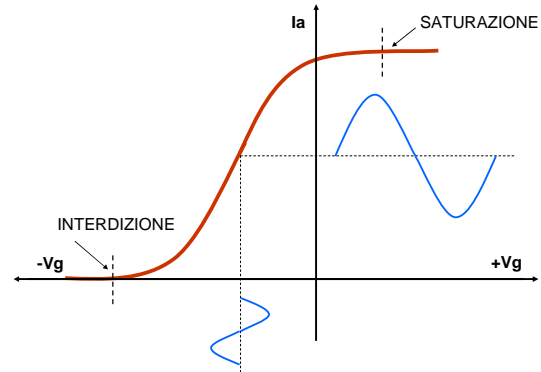
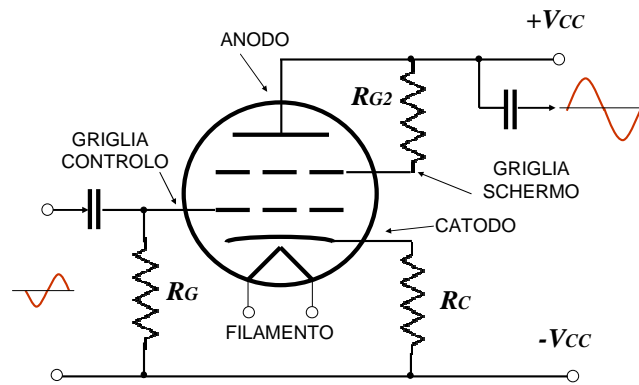


Fig. 75

TETRODO

Per poter disporre di valvole capaci di amplificare anche segnali in alta frequenza, nel 1927 venne costruito il tetrodo. Ponendo una seconda griglia, detta griglia schermo, interposta tra la griglia controllo e l'anodo, si ottiene uno schermo elettrostatico che diminuisce la capacità tra anodo e griglia controllo. La griglia schermo va collegata ad una tensione derivata dall'anodica mediante un partitore di resistenze, perché altrimenti agirebbe come una seconda griglia di controllo, e la si collega a massa tramite un condensatore di bypass. In questo modo il tetrodo permette anche amplificazioni a radiofrequenza, ma introduce nel segnale una certa distorsione.



TETRODO

Fig. 76

PENTODO

Nel tetrodo la forte accelerazione impressa agli elettroni che sono emessi dal catodo si infrangono contro l'anodo; questi emette per emissione secondaria un grande numero di elettroni, i quali avvolgono l'anodo formando una nube elettronica che pregiudica il funzionamento della valvola tetrodo. Per ovviare all'inconveniente si è introdotto una nuova griglia molto vicina all'anodo e collegata al catodo mediante un filo esterno; in alcuni casi il costruttore la collega internamente al tubo. Questa terza griglia è chiamata griglia di soppressione. La valvola termoionica prende il nome di pentodo. La valvola pentodo è un

vero e proprio punto d'arrivo nello sviluppo della valvola; essa ha un'elevata amplificazione, larga banda, bassa distorsione, buona linearità. I pentodi si trovano negli stadi a radiofrequenza e a media frequenza di un ricevitore, ma anche negli amplificatori d'uscita. Il difetto principale del pentodo è un maggiore livello di rumore introdotto nel segnale in uscita, che lo rende inadatto per i primi stadi di amplificazione o quando è richiesta un' amplificazione molto elevata.

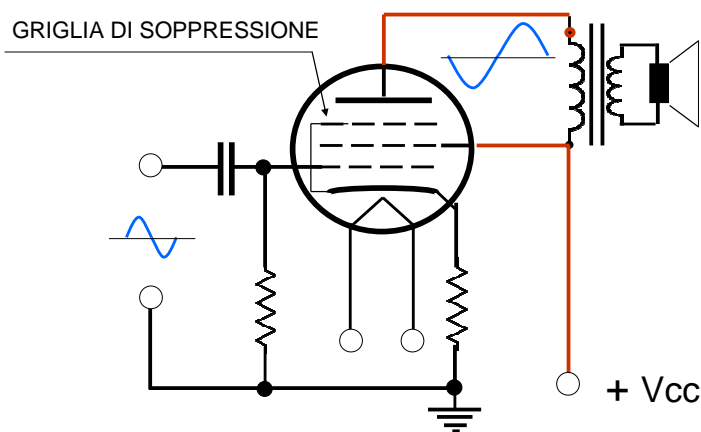


Fig. 77

Nello schema di figura 78 è rappresentato un classico amplificatore con valvola triodo pentodo in unico contenitore, molto usata nelle fonovaligette portatili anni '60.

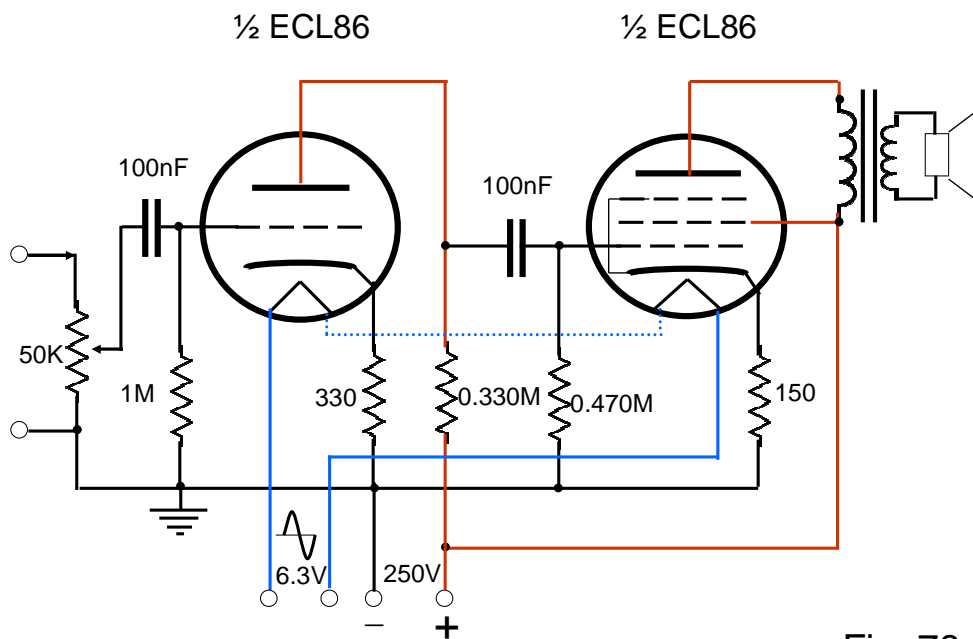


Fig. 78

CLASSI DI AMPLIFICAZIONE

Il modo di operare di un amplificatore è determinato dal punto di funzionamento a riposo e dal livello del segnale d'ingresso. Se il segnale d'ingresso è troppo alto, può sconfinare nella zona d'interdizione (zona inferiore della curva) e nella zona di saturazione (zona superiore della curva) introducendo una distorsione (appiattimento) del segnale sinusoidale.

Si hanno le seguenti classi:

Classe A. Un amplificatore opera in classe A quando la corrente nel circuito di uscita non si annulla mai. Il punto di funzionamento a riposo e l'ampiezza del segnale in ingresso sono tali da fare lavorare l'amplificatore essenzialmente nella regione lineare delle caratteristiche, vedi figura 79.

La formula: $\theta_c = 2\pi$ indica che la corrente scorre per 360°

Classe B. Un amplificatore opera in classe B quando, nel caso di segnale di ingresso sinusoidale, la corrente nel circuito di uscita è nulla per mezzo periodo. Il punto di funzionamento a riposo si trova al limite della regione di interdizione; la potenza dissipata a riposo è trascurabile, essendo praticamente nulla la corrente di riposo.

La formula: $\theta_c = \pi$ indica che la corrente scorre per 180°, vedi figura 80.

Classe AB. Un amplificatore opera in classe AB quando opera in condizioni intermedie fra la classe A e la classe B; nel caso in cui applicassimo una tensione sinusoidale, la corrente di uscita è nulla per un tempo inferiore a mezzo periodo.

La formula: $\theta_c < 2\pi$ indica che la corrente scorre per un angolo minore di 360°, vedi figura 81.

Classe C. Un amplificatore opera in classe C se la corrente di uscita è nulla per un intervallo di tempo maggiore di mezzo periodo, quando all'ingresso è applicato un segnale sinusoidale. La formula: $\theta_c < \pi$ indica che la corrente scorre per un angolo minore di 180°, vedi figura 82.

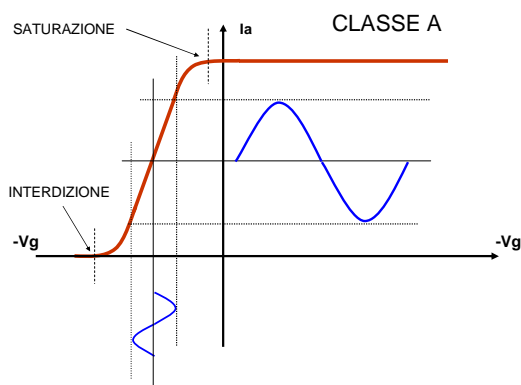


Fig. 79

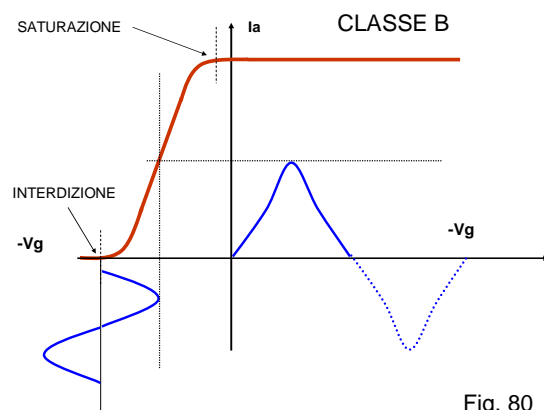


Fig. 80

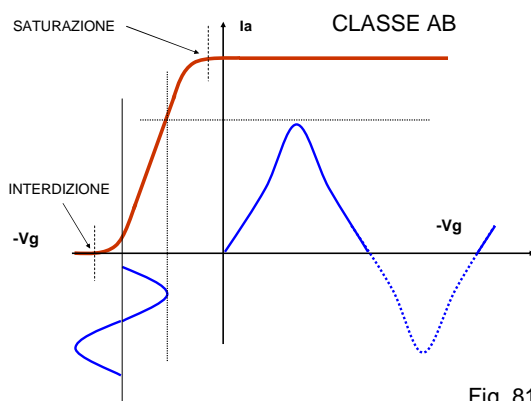


Fig. 81

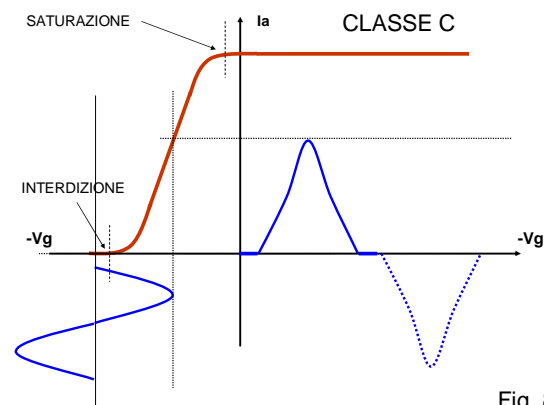


Fig. 82

ALIMENTATORE

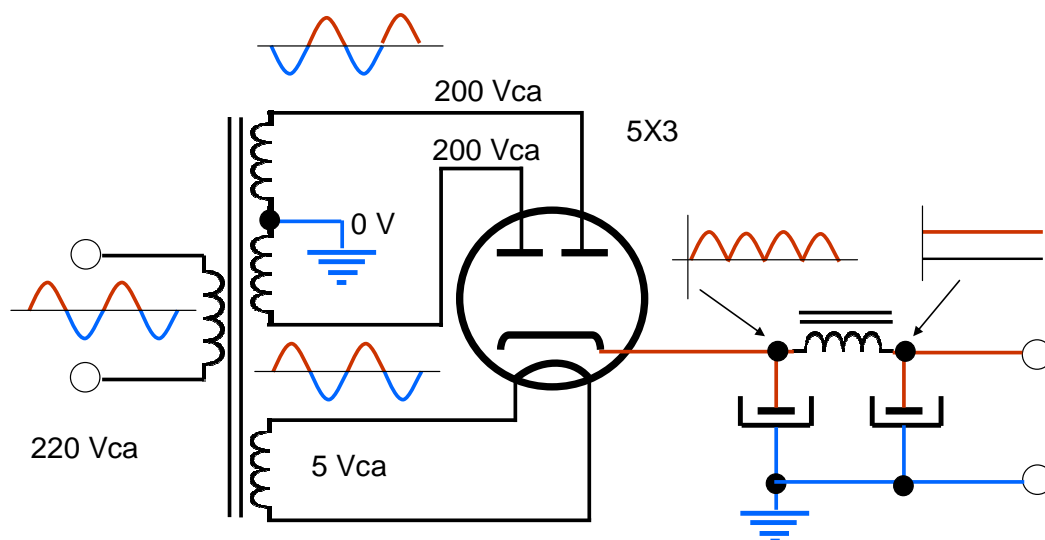
Esempio di utilizzazione della valvola termoionica in qualità di alimentatore

Oltre che amplificatore, la valvola termoionica ed in particolare il diodo, veniva utilizzato come raddrizzatore di corrente e tensione alternata, perché tutte le apparecchiature elettroniche funzionano solo a corrente continua.

Nello schema sottostante è rappresentato un classico esempio di alimentatore che utilizza una valvola termoionica a doppio diodo.

Negli vecchi apparecchi a valvole termoioniche gli alimentatori, venivano usate le valvole per raddrizzare la corrente alternata, nel nostro caso un doppio diodo che è contenuto in un unico bulbo di vetro; questa particolare configurazione circuitale permette di raddrizzare le due semionde. Nel disegno sottostante, in rosso sono evidenziate la semionda ed polo il positivo, in azzurro sono evidenziate la semionda ed il polo positivo.

Nelle valvole, non essendo possibile fare meccanicamente, il vuoto assoluto, durante la fabbricazione, all'interno di essa veniva posto una pastiglia detta **getter** che rimuoveva i gas presenti nel tubo, per fare il vuoto; infatti tutte le valvole prodotte presentavano un macchia lucida all'interno del tubo a dimostrazione che il getter era stato attivato.



SEMICONDUTTORI

SEMICONDUTTORE SILICIO

Si dicono semiconduttori alcuni materiali che hanno un comportamento intermedio tra conduttori e isolanti; sono semiconduttori il germanio, il silicio, il carbonio, l'arseniuro di gallio. La struttura del semiconduttore silicio è del seguente tipo;

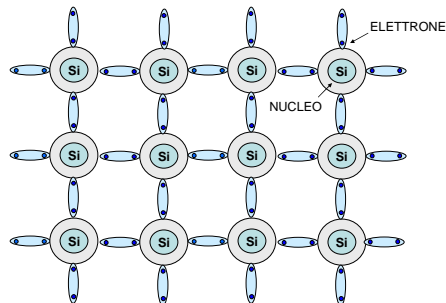


Fig. 83

Possiamo notare che ogni atomo mette in comune quattro elettroni; essendo questi elettroni attratti dagli atomi vicini, i nuclei dei vari atomi si tengono legati tra loro da un tipo di legame detto covalente.

Normalmente tutti gli elettroni si trovano nella banda di valenza: restano cioè legati all'atomo di appartenenza; in questo caso il semiconduttore si comporta da isolante.

Se nella struttura cristallina del silicio introduciamo atomi di differente natura, il semiconduttore assume una nuova caratteristica.

DROGGAGGIO DEI SEMICONDUTTORI

Si dice drogaggio il fatto di inserire all'interno del semiconduttore atomi aventi valenza cinque, cioè pentavalenti, oppure atomi aventi valenza tre, cioè trivalenti. Tra le sostanze pentavalenti ricordiamo il fosforo, l'antimonio, l'arsenico; tra le sostanze trivalenti ricordiamo il bario, l'alluminio, il gallio, l'indio.

Se inseriamo una sostanza pentavalente, ad esempio il fosforo, come in figura 84:

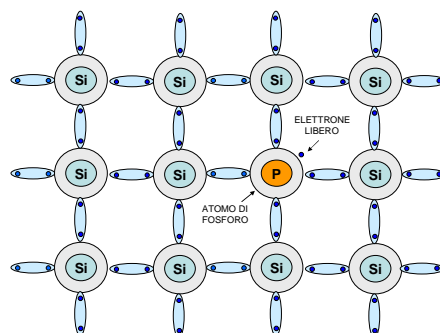


Fig. 84

vediamo che dei cinque elettroni dell'atomo pentavalente quattro vengono utilizzati per il legame covalente, mentre il quinto elettrone resta libero. Si dice **drogaggio di tipo N** quando il semiconduttore è drogato con sostanze pentavalenti; possiede quindi elettroni liberi, perciò diventa un conduttore.

Se inseriamo una sostanza trivalente, ad esempio il boro, come in figura 85:

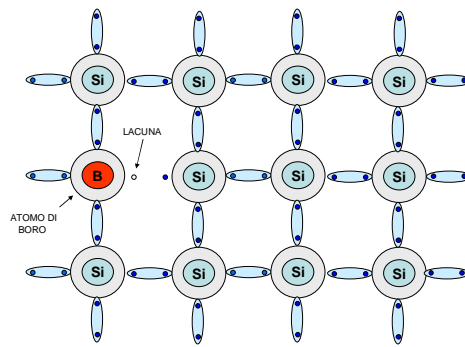


Fig. 85

vediamo che i tre elettroni dell'atomo trivalente vengono utilizzati per il legame covalente, mentre manca un elettrone nella banda di valenza. Si dice lacuna un posto libero per l'elettrone nella banda di valenza; tale posto può essere occupato da un altro elettrone il quale a sua volta crea una lacuna, di conseguenza la lacuna può essere come una carica positiva mobile, che dà luogo ad una corrente elettrica. Si dice drogaggio di tipo P quando il semiconduttore è drogato con sostanze trivalenti, possiede quindi lacune libere, diventa quindi un perfetto conduttore. A causa dell'aumento di temperatura un certo numero di elettroni può acquistare energia sufficiente a passare dalla banda di valenza alla banda di conduzione; per ogni elettrone che passa nella banda di conduzione resta una lacuna nella banda di valenza. Si dicono cariche minoritarie le coppie elettrone-lacuna che si creano in seguito all'aumento di temperatura. Si dicono cariche maggioritarie gli elettroni nel semiconduttore drogato di tipo N e le lacune nel semiconduttore drogato di tipo P.

GIUNZIONE P-N

Si dice giunzione P-N l'unione di una barretta di semiconduttore di tipo P con una di tipo N. All'atto della formazione della giunzione si verifica uno spostamento di cariche; in particolare gli elettroni e le lacune situati nella parte centrale della giunzione si neutralizzano, essendo cariche di segno opposto. Per ogni lacuna che dalla zona P passa alla zona N, resta nella zona P una carica fissa negativa. Per ogni elettrone che dalla zona N passa alla zona P resta una carica fissa positiva. Di conseguenza, non appena un certo numero di elettroni e di lacune si sono neutralizzate, nella zona di giunzione le cariche fisse determinano una differenza di potenziale che respinge le altre cariche facendole restare nella zona di appartenenza.

La situazione finale la possiamo vedere dalla figura 86:

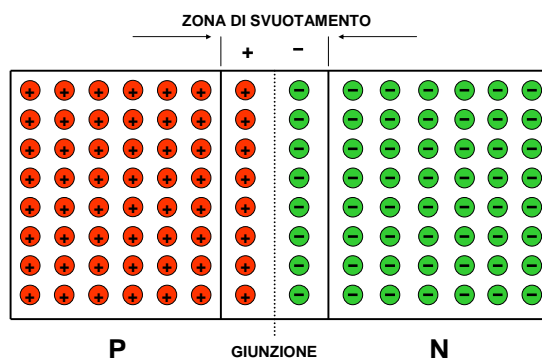


Fig.86

La zona intermedia possiede solo cariche fisse e non vi sono cariche mobili, né elettroni, né lacune; essa è detta zona di svuotamento.

POLARIZZAZIONE DELLA GIUNZIONE

POLARIZZAZIONE DIRETTA

Polarizzare una giunzione vuol dire applicare una certa tensione ai suoi estremi. Una giunzione si dice polarizzata direttamente quando il polo positivo della pila è applicato alla zona di tipo P, ed il negativo alla zona N, vedi figura 87:

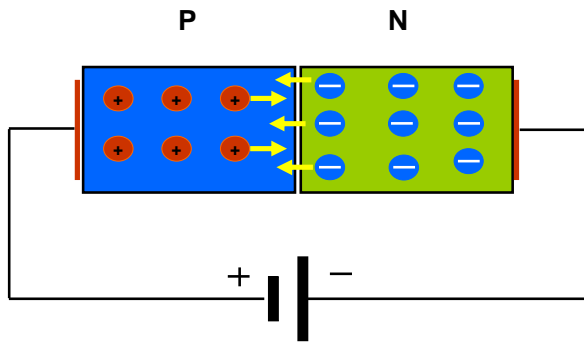


Fig. 87

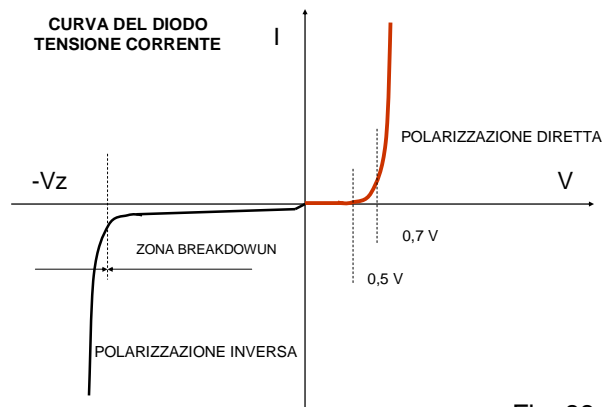


Fig. 88

In una giunzione polarizzata direttamente, vedi figura 88, vi è conduzione di corrente quando la tensione supera una tensione di soglia che coincide con la barriera di potenziale V_g . La barriera di potenziale per il silicio $V_g = 0,6 V$, per il germanio $V_g = 0,2 V$

POLARIZZAZIONE INVERSA

Una giunzione si dice polarizzata inversamente quando il polo positivo della pila è applicato alla zona N e il polo negativo alla zona P, vedi figura 89:

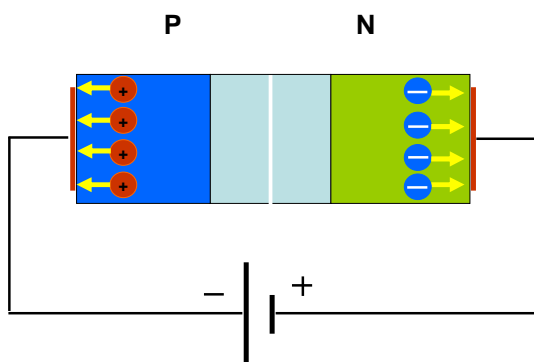


Fig. 89

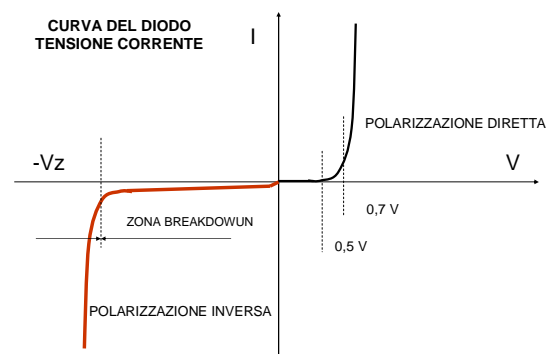


Fig. 90

In una giunzione polarizzata inversamente, vedi figura 90, non vi è conduzione di corrente, salvo quella dovuta alle cariche minoritarie, che è una corrente molto piccola, detta corrente inversa; il simbolo del diodo è :



DIODI RADDRIZZATORI

Un circuito si dice raddrizzatore quando riceve in ingresso un segnale di tipo sinusoidale (V_g) alla frequenza di 50 Hz e dà in uscita una tensione non più alternata (V_o), ma avente un solo segno. Tale tipo di tensione viene detta pulsante. Un raddrizzatore si dice ad una semionda se sfrutta solo una semionda del segnale di ingresso, cioè tutte le semionde positive, oppure tutte le semionde negative.

Nella figura 92 è rappresentato il circuito raddrizzatore ad una semionda positiva, nella figura 91 l'onda in ingresso, e nella figura 93 l'onda in uscita del diodo:

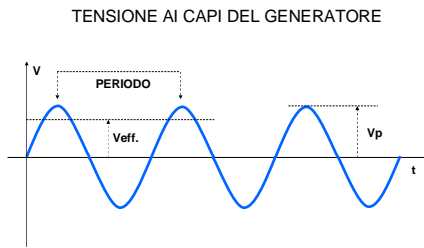


Fig. 91

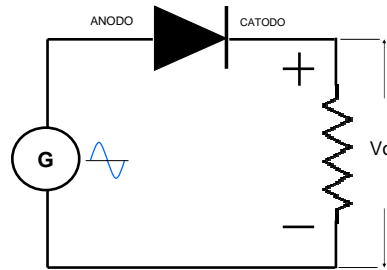


Fig.92

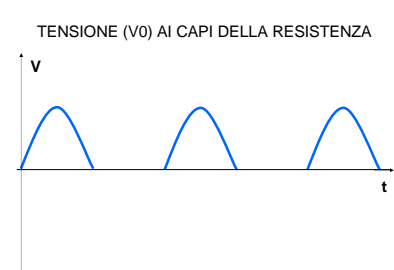


Fig. 93

Come vediamo dal circuito, durante la semionda positiva del segnale di ingresso il diodo è polarizzato direttamente e si comporta come un corto-circuito facendo passare in uscita tutta la semionda positiva, senza deformarla. Essendo il diodo ideale, si tenga conto che trascuriamo la tensione di soglia del diodo.

Quando in ingresso arriva la semionda negativa, il diodo è polarizzato inversamente e si comporta come un circuito aperto; la semionda negativa non può arrivare in uscita e quindi la tensione di uscita è nulla. Trascuriamo, in questo caso, la corrente inversa di saturazione che è zero.

Si nota che nella figura 93 la tensione in uscita è pulsante ed ha frequenza di 50 Hz.

COMPORAMENTO DEL DIODO CARICATO IN USCITA CON UN CONDENSATORE.

Consideriamo il circuito di fig. 95, alimentato con tensione alternata sinusoidale ($V_g = ca$):

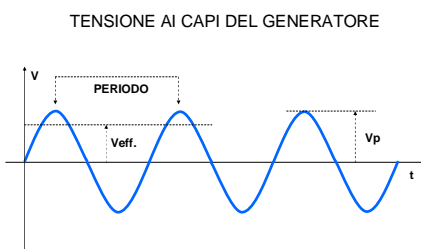


Fig. 94

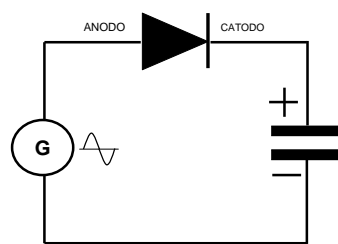


Fig. 95

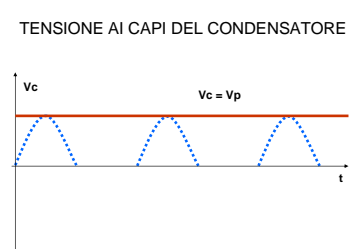


Fig. 96

Durante la semionda positiva del segnale di ingresso di fig. 94, il diodo è polarizzato direttamente e si comporta come un corto-circuito. La tensione sul condensatore sale e il condensatore inizia a caricarsi fino al valore massimo della tensione di ingresso. Non appena il condensatore si è caricato al valore massimo (V_p), il diodo è interdetto, perché nella maglia vi sono due generatori collegati in opposizione: un generatore è quello esterno, che sta iniziando a dare una tensione positiva minore di V_p , l'altro generatore è il condensatore, che resta carico con tensione V_p ; di conseguenza il diodo è polarizzato inversamente e non conduce. In uscita abbiamo una tensione continua pari a V_p , in quanto il condensatore non può scaricarsi. Avremo che $V_c = V_p$ e la forma d'onda in figura 96 è una linea continua, tensione continua o V_{cc} di picco:

Se inseriamo in parallelo al condensatore colleghiamo un carico resistivo in uscita, come nel seguente nello schema schema di figura 98:

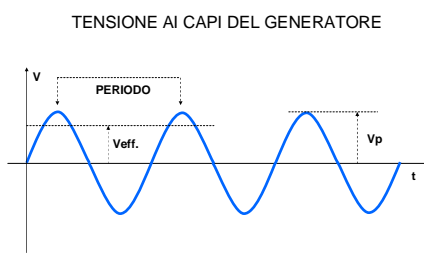


Fig. 97

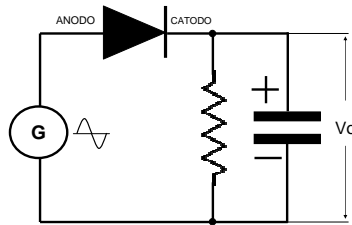


Fig. 98

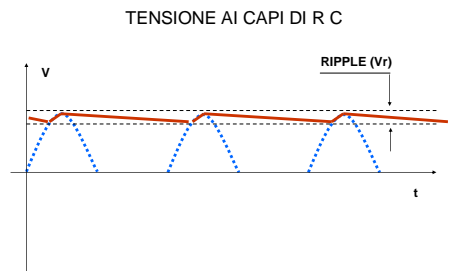


Fig. 99

il condensatore è costretto a scaricarsi con legge esponenziale su R_C e la tensione in uscita è inferiore al valore massimo V_p e decrescente. Tuttavia, non appena il segnale di ingresso termina la semionda positiva, supera la negativa, in cui il diodo è interdetto, e arriva ad una tensione maggiore della tensione ai capi del condensatore; in questo modo il diodo è polarizzato direttamente e il condensatore si carica di nuovo con tensione crescente fino al valore massimo V_p come da figura 99.

All'uscita del diodo c'è una componente alternata V_r , detta tensione di **ripple**, che è tanto minore quanto maggiore è la capacità in uscita.

Fino ad ora abbiamo analizzato i raddrizzatori ad una semionda; invece per ridurre il ripple o percentuale di corrente alternata, e la capacità dei condensatori si utilizzano i raddrizzatori a due semionde, nel senso che raddrizzano anche la semionda negativa. Vi sono due modi per raddrizzare le due semionde.

Raddrizzatore a due semionde con trasformatore a presa centrale

Come si evince dalla figura 101 si utilizzano due diodi ed un trasformatore con secondario con presa centrale; grazie a questa presa centrale, l'alternarsi delle due semionde prima conduce il diodo **D1** poi il diodo **D2** ed all'uscita avremo una tensione pulsante a 100 Hz come da figura 102; con questa configurazione si utilizzano condensatori di capacità inferiore, rispetto al raddrizzatore ad una semionda.

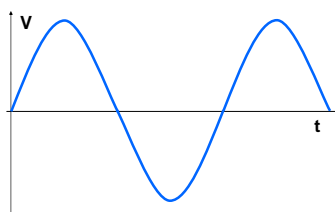


Fig.100

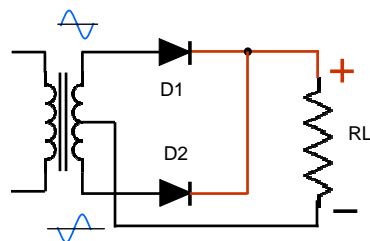


Fig. 101

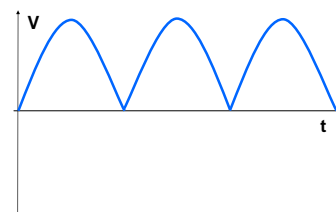


Fig.102

Raddrizzatore delle due semionde con il ponte di Graetz

In questo caso vengono utilizzati quattro diodi collegati a ponte, come in figura 104, utilizzando quattro diodi si dimezzano le dimensioni del trasformatore rispetto al raddrizzatore a due diodi, con trasformatore a presa centrale.

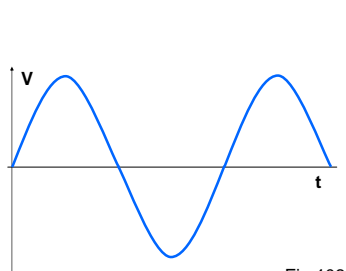


Fig.103

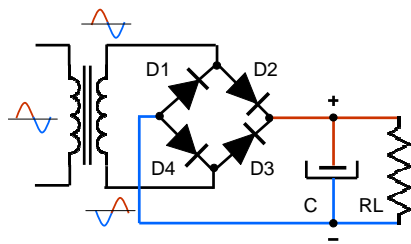


Fig. 104

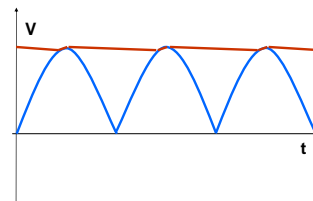


Fig.105

Durante la semionda positiva conducono i diodi D2 e D4, come da figura 106.
Durante la semionda negativa conducono i diodi D1 e D3, come da figura 107.

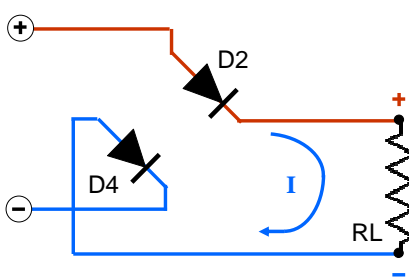


Fig. 106

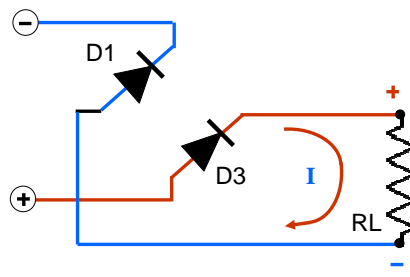


Fig. 107

DIODO LED

Il termine LED è un acronimo che sta per "Light Emitting Diode", ovvero "diodo che emette luce". I LED sono costituiti da una giunzione P-N realizzata con arseniuro di gallio o con fosforo di gallio, entrambi materiali in grado di emettere radiazioni luminose quando siano attraversati da una corrente elettrica; il valore di tale corrente è compreso fra 10 e 30 mA.

Il funzionamento del led si basa sul fenomeno detto *elettroluminescenza*, dovuto alla emissione di fotoni (nella banda del visibile o dell'infrarosso) prodotti dalla ricombinazione degli elettroni e delle lacune quando la giunzione è polarizzata in senso diretto. I LED hanno un terminale positivo ed uno negativo, e per funzionare devono essere inseriti in circuito rispettando tale polarità; in genere il terminale positivo è quello più lungo; lo si può vedere osservando l'interno del led in controluce: come si vede in figura, l'elettrodo positivo è sottile, a forma di lancia, mentre il negativo ha l'aspetto di una bandierina.

Quando si utilizza un led, è necessario disporre sempre una resistenza in serie ad esso, allo scopo di limitare la corrente che passa ed evitare che possa distruggersi; la caduta di tensione ai capi di un led può variare da 1,1 a 1,6 V, in funzione della lunghezza d'onda della radiazione emessa (a lunghezze d'onda minori corrisponde una caduta di tensione più alta).

Diversamente dalle comuni lampadine, il cui filamento funziona a temperature elevatissime ed è caratterizzato da notevole inerzia termica, i led emettono luce fredda, e possono lampeggiare a frequenze molto alte, superiori al Mhz; se si considera anche che la luce emessa è direttamente proporzionale alla corrente che li attraversa, i led sono particolarmente adatti alla trasmissione di segnali tramite modulazione dell'intensità luminosa. Uno dei tanti impieghi del led è ad esempio quello di iniettori di segnali nelle reti a fibre ottiche, telecomandi tv.

I led più comuni emettono luce rossa, arancio, gialla o verde. In tempi relativamente recenti si è riusciti a produrre un led caratterizzato dall'emissione di luce blu chiara, utilizzando il Nitruro di Gallio (GaN); la disponibilità di un led a luce blu è molto importante, poiché consente di ricreare, insieme alle radiazioni rossa e verde, una sorgente di luce bianca; i diodi sono ampiamente utilizzati nei nuovi televisori a LED.

Le figure 108a, 108b e 108c, è rappresentano il diodo LED (K = catodo A = anodo è fisicamente più lungo).



Fig. 108 a

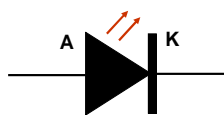


Fig. 108 b



Fig. 128 c

DIODO ZENER

I diodi zener sono molto usati nel mondo dei semiconduttori, in primo luogo perché con essi si realizza la maggior parte dei circuiti stabilizzatori, secondariamente perché sono componenti assai semplici ed economici, dotati di due elettrodi, il catodo e l'anodo, come ogni altro tipo di diodo.

Esteriormente, il diodo zener ha diverse forme, ma la sua composizione interna riflette sempre il medesimo concetto strutturale: quello caratteristico di un diodo a semiconduttore, costruito mediante un opportuno drogaggio allo scopo di sopportare, senza subire danni, un determinato valore di **tensione inversa** applicata ai suoi terminali.

Nel grafico di figura 109 è indicata la curva caratteristica dei diodi; nella parte sinistra, in rosso, è indicata la tensione inversa di polarizzazione, zona, dove lavora il diodo zener.

il simbolo del diodo zener è :

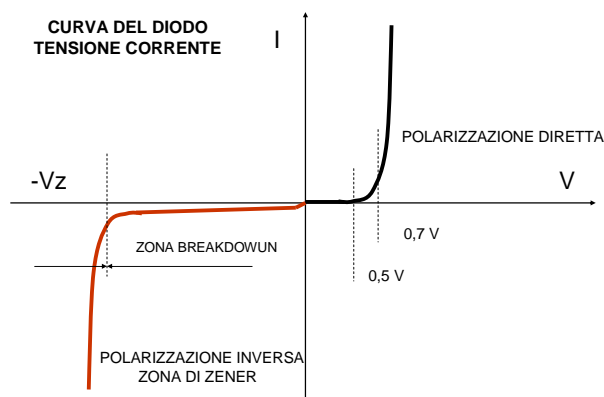
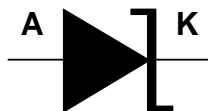


Fig. 109

Riprendiamo il concetto, appena formulato all'inizio, della tensione inversa richiesta dal funzionamento del diodo zener. E' da ricordare che uno dei parametri del diodo a semiconduttore è la tensione inversa massima che è in grado di sopportare. Il diodo, quando polarizzato in senso inverso, aumenta la tensione di barriera ostacolando il flusso di corrente. Ma se si superano precisi valori di tensione di polarizzazione, si manifesta la distruzione totale del componente; una volta superata la massima tensione inversa, si incontra una zona di forte conduzione che genera una reazione a catena e conduce rapidamente alla distruzione del diodo.

Drogando fisicamente il cristallo di silicio, cioè aggiungendo ad esso alcune impurità, è possibile controllare la reazione a catena per evitare che il diodo vada in effetto valanga (si distrugga); ma è ovvio che il drogaggio del silicio non basta, perché occorre provvedere pure ad una limitazione della corrente che scorre attraverso il componente tramite opportune resistenze, vedi figura 110.

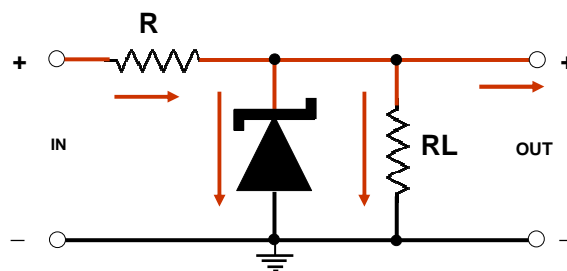
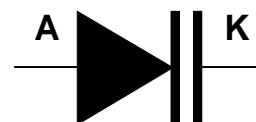


Fig. 110

Il diodo così concepito prende il nome di **zener** e la tensione inversa massima è chiamata **tensione di zener**. La zona, invece, in cui il diodo può tranquillamente lavorare, senza distruggersi, assume il nome di **zona di breakdown**.

DIODO VARICAP

Il diodo varicap o varactor, ha il seguente simbolo grafico:



E' un particolare tipo di diodo semiconduttore la cui caratteristica principale è di variare la capacità di giunzione al variare della tensione di polarizzazione inversa. Il diodo varicap è usato come condensatore variabile; la sua natura di diodo è quindi secondaria. Il diodo è **polarizzato inversamente** in modo che non vi sia flusso di corrente. In queste condizioni, nella giunzione si forma una zona di svuotamento in cui i portatori liberi di cariche si ricombinano e scompaiono, e restano solo le cariche fisse non neutralizzate degli ioni drogati del cristallino. Siccome è presente una carica dipendente da una variazione di potenziale, la giunzione ha un comportamento capacitivo. La zona di svuotamento agisce contemporaneamente come dielettrico e come armatura di un condensatore. Tutte le giunzioni, quindi tutti i diodi e transistor a semiconduttore, presentano in qualche misura questo fenomeno, che è spesso negativo in molte applicazioni. Nel varicap, ed in alcuni più di altri, la progettazione mira ad aumentare invece l'effetto, aumentando la superficie di giunzione e drogando opportunamente il semiconduttore. In particolare si cerca di aumentare l'intervallo di variazione della capacità.

DIODO TUNNEL

Inventato nel 1957 da Leo Esaky nei laboratori Sony, in questo diodo il drogaggio dei due semiconduttori p-n è tanto forte da farlo degenerare in due conduttori, separati da una barriera di potenziale estremamente alta e stretta: in queste condizioni alcuni elettroni però riescono ugualmente a passare, attraverso il fenomeno quantistico detto effetto tunnel. Questo tipo di diodo permette raggiungere velocità di commutazione tuttora irraggiungibili con tecnologie che utilizzano i transistor. Tipici impieghi dei diodi tunnel sono nel campo delle microonde da 30 a 300 Mhz. Il diodo tunnel è utilizzato in circuiti a bassa potenza come oscillatori locali e PLL a microonde.

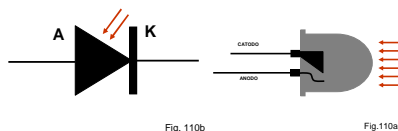
Il simbolo del diodo tunnel è:



FOTODIODI

I fotodiodi, al contrario dei led, anziché emettere luce, ricevono luce dall'esterno per funzionare. Quando sono illuminati, oppongono una resistenza molto bassa al passaggio della corrente, nella misura di alcune decine di ohm, mentre al buio la loro resistenza diviene elevatissima, dell'ordine dei 10 MOhm. Nei circuiti, i fotodiodi vanno inseriti con polarizzazione inversa, al contrario dei diodi led che, per accendersi, debbono essere polarizzati direttamente. In sostanza, quindi, il fotodiodo si comporta come una resistenza variabile o, meglio, come una fotoresistenza, il cui valore ohmico dipende da quello della luce che lo colpisce.

Per distinguere il simbolo teorico del diodo led da quello del fotodiodo si è attribuito alla piccola freccia, che vuol simboleggiare la presenza di raggi di luce, un senso diverso. Infatti, nel diodo led, che è un emettitore di luce, la freccia è rivolta verso l'esterno; nel fotodiodo, che per funzionare deve ricevere luce dall'esterno, la freccia è rivolta verso la zona interna del componente vedi figura 110a e 110 b .



DIODO LASER

LASER è l'acronimo di **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation.

Come i diodi LED; anche i diodi laser emettono luce tramite la ricombinazione di elettroni e lacune nella zona di barriera del diodo: la differenza fondamentale è che questa emissione è stimolata dalla luce stessa, e che la luce emessa è coerente.

Questo viene ottenuto con una struttura del diodo a sandwich con tre zone drogate in modo diverso (n - p - p+) che presentano anche un diverso indice di rifrazione ottico: in pratica, le zone di confine n-p e p-p+ si comportano come due specchi che riflettono la luce emessa nel diodo e la confinano al suo interno. In questo modo i fotoni in viaggio nel diodo stimolano gli elettroni e le lacune negli atomi di semiconduttore a ricombinarsi, emettendo un altro fotone con la stessa lunghezza d'onda e la **stessa fase** di quello incidente, cioè stimolano una emissione coerente. Si chiama **coerenza** la proprietà di un'onda elettromagnetica di mantenere una certa relazione di fase con se stessa durante la sua propagazione. Normalmente i diodi laser sono realizzati in arseniuro di gallio o in arseniuro di gallio e alluminio, per ottenere una differenza di indici di rifrazione fra le tre zone che sia il più possibile alta. L'emissione laser si instaura polarizzando il diodo portandolo in conduzione diretta, e ciò avviene solo quando si oltrepassa una corrente di soglia variabile, a seconda dei modelli, dai 20 ai 30 mA. Il fascio emesso dal diodo laser, oltre che essere coerente, è anche monocromatico e puntiforme. Il diodo laser è ampiamente usato nei lettori **CD** e registratori (Compact Disc)

TIRISTOR

I thyristors rappresentano una famiglia di semiconduttori piuttosto particolari, caratterizzati dal funzionamento tipo "switch" (ovvero "interruttore"), e formati dalla sovrapposizione di quattro strati p-n-p-n disposti a sandwich. I tiristori sono utilizzati nei circuiti di commutazione e controllo della potenza, sia con tensioni continue che con tensioni alternate. In questa sede parleremo dei componenti più comuni, ovvero il diodo SCR, il TRIAC, il DIAC ed il transistor uni giunzione (UJT). I tiristor per le loro caratteristiche di durata, stabilità, basso assorbimento hanno completamente sostituito i relè che per le loro caratteristiche meccaniche, avevano breve durata, dovuta all'usura. Teoricamente il tiristor non si consuma e non si esaurisce mai.

IL DIODO SCR (Figure 111a 111b 111c)

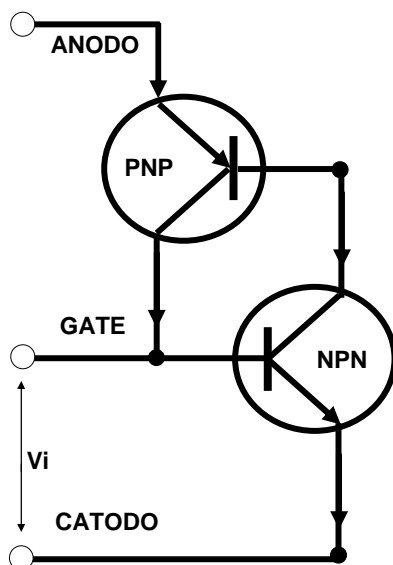


Fig. 111a

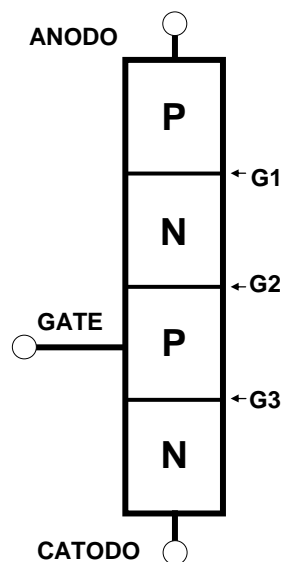


Fig. 111b

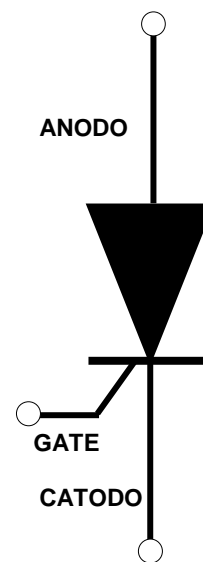


Fig. 111c

Confrontando la composizione di un SCR col comune diodo visto in precedenza si osserva che il diodo SCR è costituito da tre giunzioni (figura 2) - una giunzione PN (indicata con g1), una giunzione NP (g2), una seconda giunzione PN (g3),

In figura 3, vediamo la rappresentazione simbolica di un SCR, con un anodo, un catodo ed un elettrodo in più che è il gate.

Se colleghiamo all'anodo una tensione positiva rispetto al catodo, a differenza del diodo comune, il diodo SCR non lascia passare corrente; succede infatti che, mentre le giunzioni g1 e g3 sono polarizzate nel giusto verso, la giunzione g2 risulta polarizzata inversamente, e quindi blocca il passaggio della corrente. Se tuttavia si applica sull'elettrodo gate, che è collegato alla giunzione g2, una tensione positiva rispetto al catodo, tale da causare l'effetto valanga nella giunzione stessa, questa passa in conduzione e la corrente fluisce nel diodo.

Il funzionamento del diodo SCR può essere compreso immaginandolo come composto da due transistor collegati nel modo che si vede in figura 1.

Applicando all'anodo una tensione positiva rispetto al catodo, non passa alcuna corrente, poiché sia il transistor PNP che quello NPN, mancando una tensione di base, risultano interdetti. Se tuttavia si applica al gate (e quindi alla base del transistor NPN) una tensione V_i , positiva rispetto al catodo, tale da provocare la conduzione del transistor, si innesca un processo che è auto-rigenerante. Il transistor NPN, infatti, cominciando a condurre, fa passare corrente nella base del PNP; questo a sua volta inizia a condurre, e la corrente che lo attraversa entra sulla base del transistor NPN, mandandolo in conduzione ancora più spinto. A questo punto, non ha alcuna importanza se la tensione V_i sul gate è sempre presente o meno: innescata la conduzione, il diodo SCR continua a condurre in maniera autonoma, finché non si toglie alimentazione al circuito.

Osserviamo due importanti differenze fra il transistor, anch'esso dotato di tre terminali, ed il diodo SCR:

1) la corrente che passa nel circuito di collettore di un transistor è proporzionale alla corrente di base; la corrente in un diodo SCR non può assumere valori intermedi: o passa o non passa

2) Se nel transistor rimuoviamo la tensione di base, il transistor non conduce più; il diodo SCR, una volta portato in conduzione, non è più comandabile dall'elettrodo di controllo: continua a condurre anche rimuovendo la tensione dal GATE.

Un semplice circuito per provare il funzionamento di un SCR è riportato in figura 4. Collegato il circuito all'alimentazione, non passa alcuna corrente; basta tuttavia premere anche per un attimo il pulsante P perché il diodo SCR passi in conduzione, facendo accendere il Led.

Una volta che il led è acceso, l'unico modo per interrompere il passaggio di corrente è quello di staccare l'alimentazione al circuito.

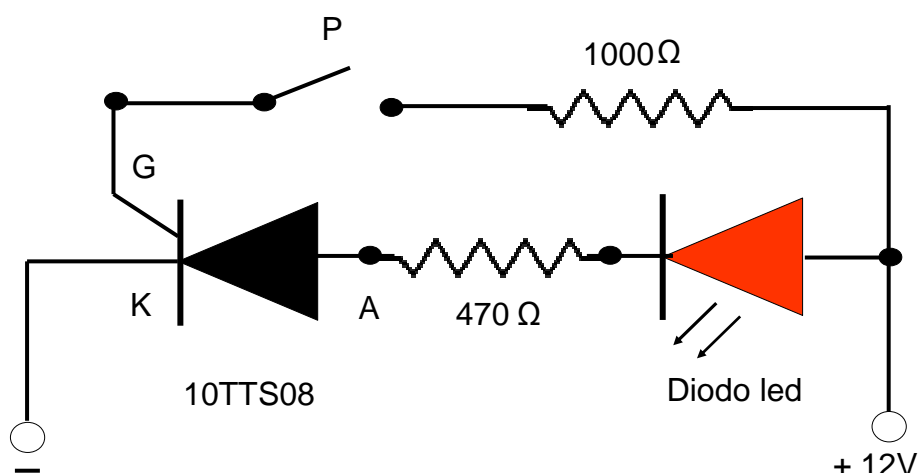


Fig. 112

TRANSISTOR

IL TRANSISTOR BJT (Bipolar Junction Transistor)

Il transistor BJT è un componente che viene utilizzato come amplificatore. Si dice amplificatore in tensione un circuito che dà in uscita una tensione più grande di quella di ingresso. Si dice amplificatore di corrente un circuito che dà in uscita una corrente maggiore di quella d'ingresso.

La figura 113 rappresenta i simboli dei transistor.

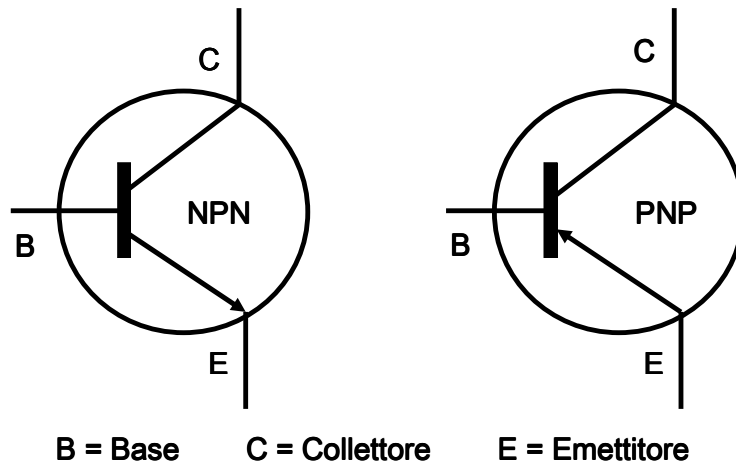


Fig. 113

A sinistra è rappresentato un transistor **NPN**. A destra un transistor **PNP**

La freccia indica il percorso della corrente.

NPN vuol dire che l'emettitore è drogato di tipo N, la base di tipo P, il collettore di tipo N.

PNP vuol dire che l'emettitore è drogato di tipo P, la base di tipo N, il collettore di tipo P.

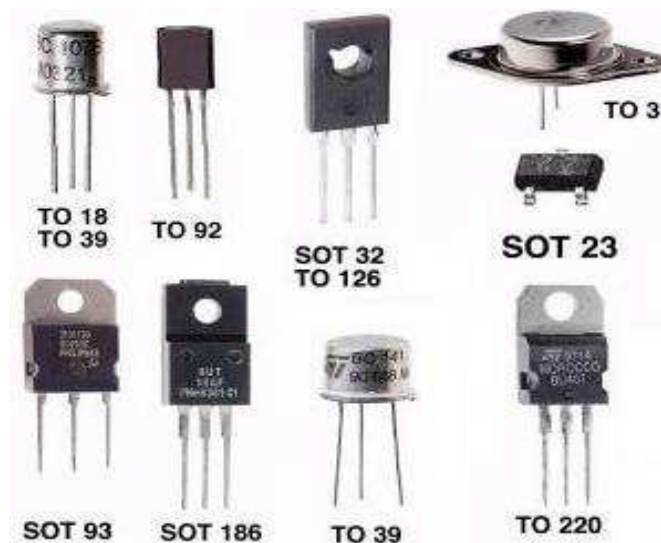


Foto di alcuni transistor: I tre reofori corrispondono alla base, emettitore, collettore.

Consideriamo ora un transistor NPN e guardiamo la figura 114:

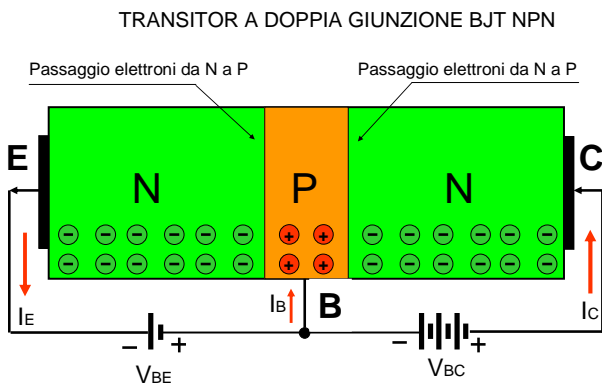


Fig. 114

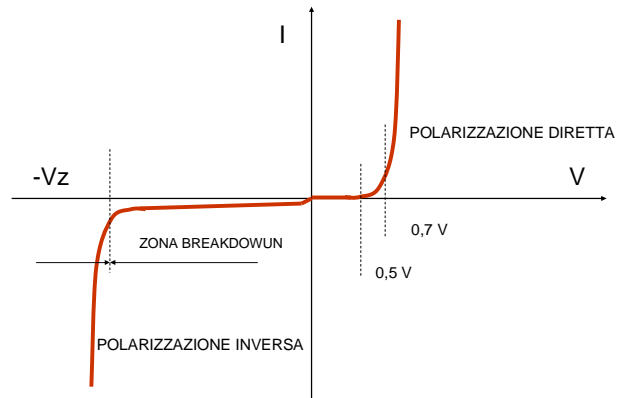


Fig. 115

Nella parte di sinistra, abbiamo l'emettitore (simbolo E), che è fortemente drogato di tipo N, e lo indichiamo con N per dire che è fortemente drogato di tipo N. Lo scopo è quello di consentire che un notevole numero di elettroni possa partire dall'emettitore.

La parte destra, chiamata collettore (simbolo C) è drogata di tipo N, possiede elettroni liberi. La parte centrale, detta base (simbolo B) è drogata di tipo P; possiede lacune che possiamo considerare come cariche elettriche positive; però la base è drogata più fortemente del collettore; inoltre la dimensione della base è molto piccola, nel senso che la base è sottile. Il transistor BJT è formato da due diodi: il diodo Base-Emettitore è polarizzato direttamente e lavora in zona conduzione; il diodo Base-Collettore è polarizzato inversamente, come si rileva dalla curva del diodo rappresentata nella figura 115 in alto a destra.

Per capire il funzionamento del transistor BJT vediamo il seguente schema elettrico

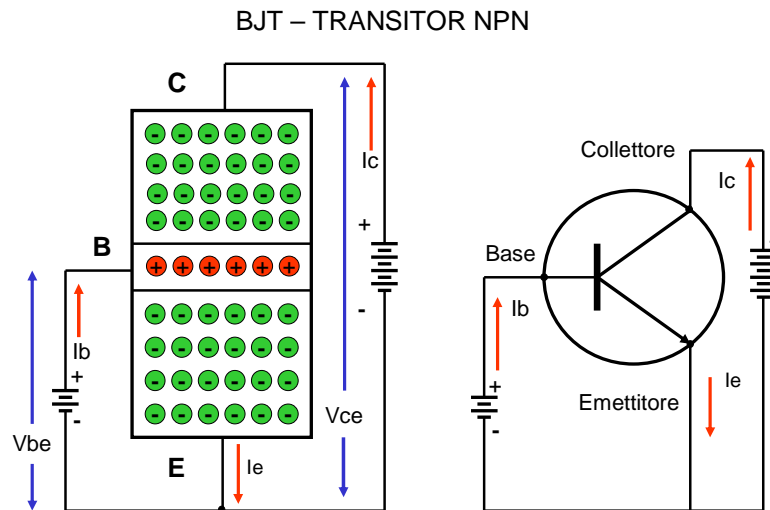


Fig.116

Vediamo dallo schema di figura 116, che la tensione applicata dall'esterno tra collettore ed emettitore è maggiore della tensione tra base ed emettitore. Vediamo che la giunzione base-emettitore è polarizzata direttamente, e quindi gli elettroni, presenti in elevato numero nella zona N dell'emettitore, vengono attirati verso la base dal polo positivo della batteria, cioè dalla tensione **Vbe**. Di questi elettroni emessi dall'emettitore, non tutti si

ricombinano con le lacune presenti nella base. Infatti, la base l'abbiamo fatta più piccola della profondità di diffusione, per cui un notevole numero di elettroni viene attirato dal polo positivo della **V_{ce}**, che è la tensione tra collettore e base. Si vede ora l'importanza che la tensione tra collettore ed emettitore sia più grande di quella tra base ed emettitore, in quanto, essendo la potenza il prodotto tra tensione e corrente, gli elettroni che arrivano sul collettore danno luogo ad una maggiore potenza rispetto alla potenza prelevata tra base ed emettitore.

Chiariamo ora la simbologia.

V_{be}: la tensione presente tra base ed emettitore;

V_{ce}: la tensione presente tra collettore ed emettitore

V_{cb}: la tensione presente tra collettore e base.

I_b: la corrente che entra nella base,

I_c: la corrente che entra nel collettore; indichiamo con

I_e: corrente che esce dall'emettitore.

Se consideriamo il transistor come un grosso nodo, applicando il principio di Kirchhoff delle correnti, si ha che la somma delle correnti entranti deve essere uguale alla somma delle correnti uscenti, e quindi: $I_e = I_c + I_b$. Da quanto esposto si deduce che una piccola variazione di corrente di base (I_b) determina una forte variazione di corrente di collettore (I_c); poiché la corrente di emettitore è la somma della corrente di base e di collettore, si può ricavare il guadagno del transistor, cioè il numero di volte che la corrente di collettore aumenta con l'aumentare la corrente di base. Il guadagno si indica con hFE , detto anche Beta (lettera dell'alfabeto greco).

$$hFE = \frac{I_C}{I_B} \quad \text{oppure} \quad \beta = \frac{I_C}{I_B}$$

Il transistor BJT si può configurare in: Emittitore comune, Base comune, Collettore comune

EMETTITORE COMUNE

La configurazione ad emettitore comune è una delle ,più usate per le buone caratteristiche di amplificazione di tensione e di corrente; inoltre la resistenza d'ingresso e la resistenza di uscita sono poco sensibili alle variazioni rispettivamente alla resistenza in entrata del generatore e della resistenza di carico in uscita. La risposta in frequenza è buona, la banda è larga, soprattutto se è pilotato con un generatore a bassa impedenza e se non si hanno esigenze di forti guadagni a centro banda, vedi figura 117.

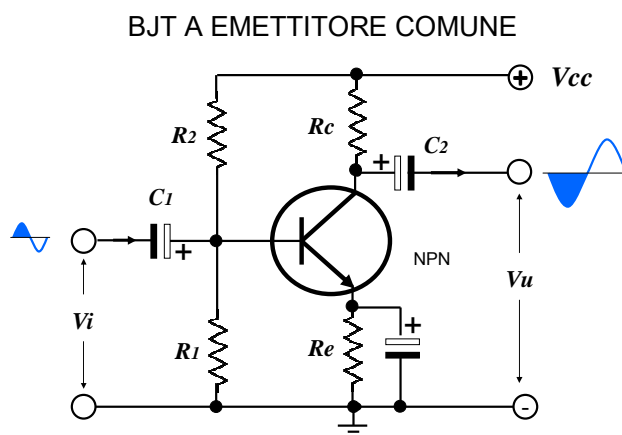


Fig. 117

COLLETTORE COMUNE

Il collegamento a collettore comune ha una elevata amplificazione in corrente mentre l'amplificazione in tensione è bassa, inferiore ad uno, La resistenza in ingresso è elevata mentre la resistenza in uscita è bassa. La risposta in frequenza è molto buona; la banda è più ampia che nel caso ad emettitore comune, soprattutto se pilotato con un generatore a bassa resistenza interna: Questo circuito è usato per adattare generatori ad alta impedenza a carichi a bassa impedenza.

BJT A COLLETTORE COMUNE

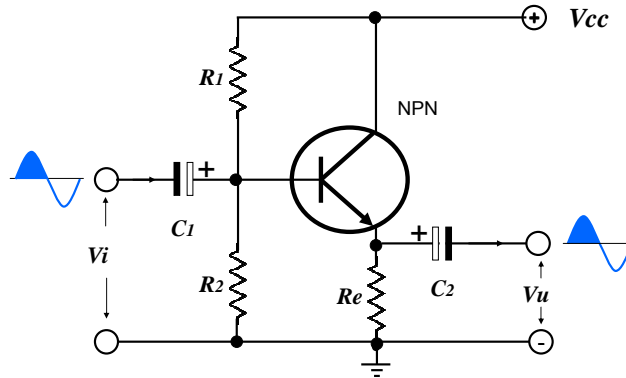


Fig. 118

BASE COMUNE

La configurazione a base comune è usata quando si vuole:

- 1) Amplificare in corrente maggiore dell'unità e con l'uscita in fase con l'ingresso
- 2) Elevata amplificazione in tensione e con l'uscita in fase con l'ingresso
- 3) Adattare un generatore a bassa ad un carico ad alta impedenza

BJT A BASE COMUNE

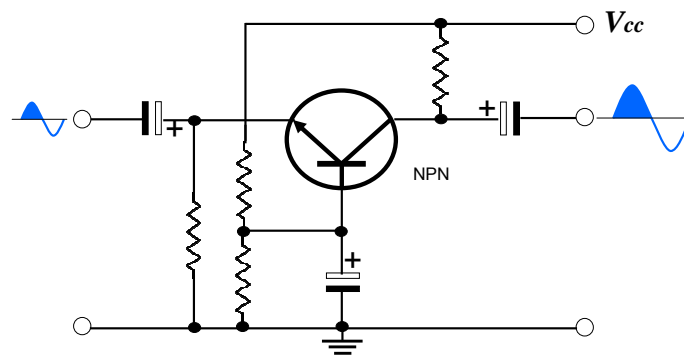


Fig. 119

TABELLA RIASSUNTIVA

	Emettitore comune	Collettore comune	Base comune
Guadagno in tensione	MEDIO	NULLO	ELEVATO
Guadagno in corrente	MEDIO	MEDIO	NULLO
Guadagno in potenza	ALTO	BASSO	MEDIO
Impedenza d'ingresso	MEDIA	ELEVATA	BASSA
Impedenza d'uscita	ELEVATA	BASSA	ELEVATA
Inversione di fase	SI	No	NO

ALIMENTATORE STABILIZZATO A SEMICONDUTTORI

Nello schema di figura 120a è riportato un semplice alimentatore stabilizzato da 12V 5A, che utilizza tutti i componenti che abbiamo finora studiato.

L'alimentatore stabilizzato è composto da un trasformatore da 60 Watt con primario a 220V ed un secondario da 12V 5A. La tensione 12Vca entra in un raddrizzatore con quattro diodi collegati a ponte, adeguato a rettificare una corrente di 5^o; dal raddrizzatore esce una tensione pulsante positiva a 100 Hz che viene filtrata dal condensatore C1 da 220uF 25 volt di lavoro. La tensione di lavoro è scelta in funzione della tensione di picco all'uscita del ponte raddrizzatore e della disponibilità commerciale. Nel nostro caso, la tensione di picco è data dalla formula $V_{picco} = V_{eff} \cdot \sqrt{2} = 12 \times 1,41 = 16,92$ Volt, meno 1,4Volt, che è la caduta di tensione all'interno dei diodi; l'esito finale sarà $16,92 - 1,4 = 15,52$ volt.

La tensione, filtrata da C1, entra nel collettore del transistor Q1 TIP120, che è un darlington NPN configurato a collettore comune che dissipa una potenza massima di 60 Watt ed una corrente massima di 5 Ampère, per sfruttare . Q1 è polarizzato dalla resistenza R2 da 560 Ohm e dal diodo zener (stabilizzatore di tensione) DZ1 da 12 Volt 1 Watt; in parallelo al diodo vi è il condensatore C2 da 47uF per accentuare la funzione stabilizzatrice dello zener. All'uscita di emettitore è collegato un altro condensatore da 220uF per un ulteriore filtraggio; in parallelo all'uscita vi è una resistenza di carico R3 da 5,6KOhm, per scaricare i condensatori in assenza di carico utilizzatore.

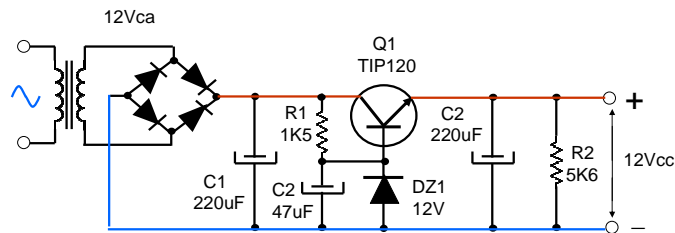


Fig. 120a

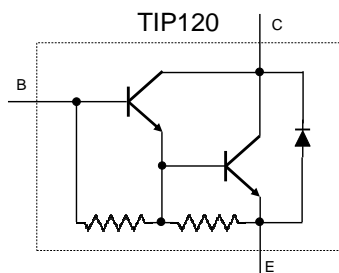


Fig. 120b

Lo schema accanto (fig.120b) raffigura come è collegato internamente un transistor configurato a darlington. I due transistor sono collegati tra di loro mediante accoppiamento a diretto. Non si utilizzano condensatori, ma solo due resistenze per polarizzare i due transistor. Il diodo in parallelo tra Collettore ed Emittitore serve di protezione.

TRANSISTOR UNIPOLARI AD EFFETTO DI CAMPO JFET MOSFET

Il JFET, a differenza del BJT, che è un componente a due giunzioni, dallo stesso nome bipolare, è formato da un'unica barretta drogata N circondata a mo' di anello da una barretta drogata P; quando questa barretta chiamata **GATE** è polarizzata con una tensione **V_{gs}** (come da figura) si forma un carica spaziale che aumenta e diminuisce in funzione della tensione applicata; praticamente il gate si comporta come la griglia controllo della valvola termoionica triodo; infatti il Gate controlla la corrente che scorre nella barretta tra **S** (source) e **D** (drain). Se la barretta è drogata con cariche elettriche negative si dice che il JFET è di canale N; se invece la barretta è drogata con cariche positive (dette anche buchi o lacune), si dice che il JFET è di canale P, come nei BJT in cui l'alimentazione viene invertita di polarità. Il transistor JFET viene chiamato anche ad effetto di campo. (**F**ield **E**ffect **T**ransistor)

SCHEMA DI TRANSISTOR UNIPOLARE JFET A CANALE N

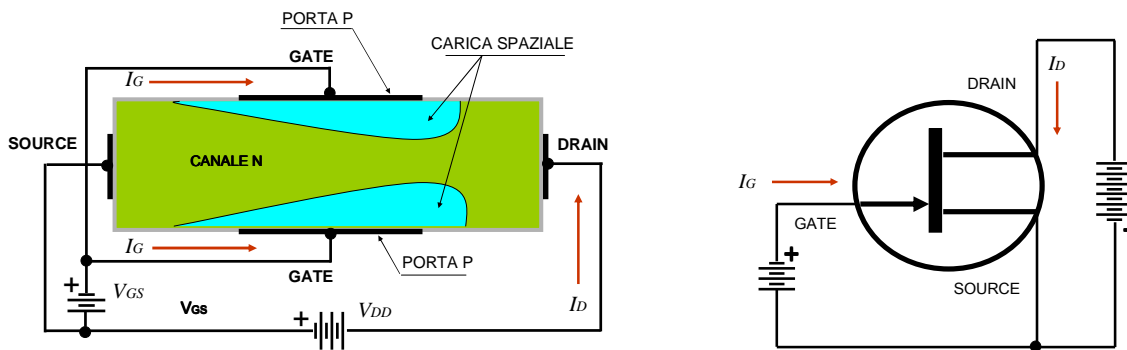


Fig. 121

Fig. 122

Il **MOSFET** (**M**etal **O**xide **S**emiconductor **F**ield **E**ffect **T**ransistor) si differenzia dal FET perché tra il source ed il canale N e tra il drain ed il canale N è stato inserito uno strato di ossido di silicio ($Si \cdot O_2$) come da figura sottostante.

SCHEMA DI TRANSISTOR UNIPOLARE MOSFET A CANALE N

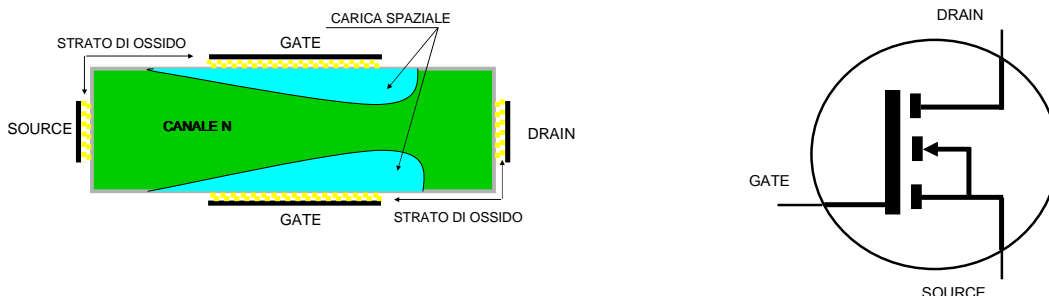


Fig. 123

Fig. 124

Anche il FET ed il MOSFET si possono collegare come il BJT a SOURCE comune, GATE comune, DRAIN Comune, a seconda delle esigenze del progettista.

INTRODUZIONE AGLI OSCILLATORI

CIRCUITO RISONANTE IN PARALLELO

Il circuito risonante è costituito da un condensatore e una bobina collegati in parallelo. Per capire come funziona l'oscillatore LC, incominciamo dalle basi. Nel chiudere l'interruttore S, la tensione della batteria carica il condensatore C; quando questo è carico, apriamo l'interruttore S; il condensatore, non potendosi scaricare sulla batteria, si scarica nell'induttanza L, che genera un campo magnetico; quando il condensatore si è scaricato completamente nella bobina, questa cede l'energia accumulata al condensatore, che si carica completamente. Il ciclo prodotto da questo circuito ideale si protrae all'infinito. L'oscillatore LC genera una corrente con andamento sinusoidale la cui frequenza dipende dal valore della capacità e dell'induttanza. L'unità di misura della frequenza è l'Hertz (**Hz**). La frequenza generata è inversamente proporzionale al valore dell'induttanza e della capacità. Se la bobina ed il condensatore sono ideali, il ciclo prosegue all'infinito; ma la bobina è formata da un filo di rame avvolto su di un supporto isolato; il filo rame ha una certa resistenza R tratteggiata (induttanza), quindi in un circuito reale il ciclo si riduce fino ad annullarsi; questo fenomeno dicesi onda smorzata. La resistenza che il condensatore o l'induttanza oppongono al passaggio della corrente si chiama reattanza induttiva, che si indica con X_L , mentre la reattanza capacitiva si indica con X_C .

Le reattanze combinate con tensione e corrente sono soggette alla legge di Ohm; quindi l'unità di misura della reattanza è l' Ohm.

Nel circuito oscillante, quando le due reattanze sono uguali, $X_L = X_C$, essendo in opposizione di fase (180) si annullano, perciò resta solo la R. La formula della reattanza induttiva è : $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$ e della reattanza capacitiva è $X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$. Sostituendo i

valori si giunge alla formula $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$; f_o è la **frequenza di risonanza**.

CIRCUITO RISONANTE LC PARALLELO

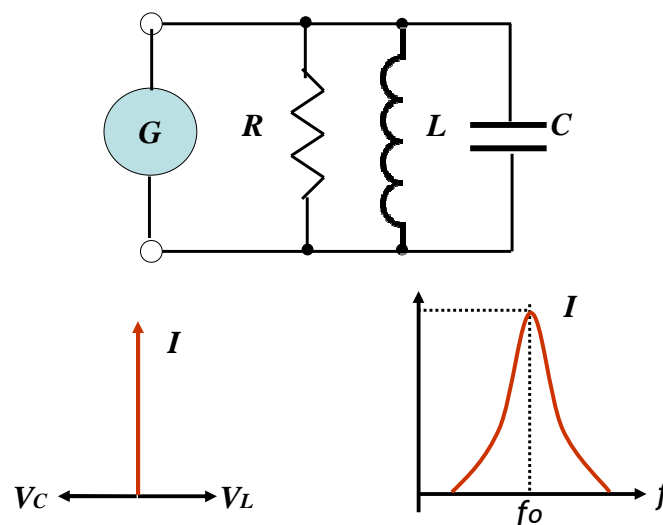


Fig. 125

CIRCUITO RISONANTE IN SERIE

Con l'oscillatore LC in serie, rispetto all'oscillatore in parallelo alla frequenza di risonanza, si ha la massima tensione e la minima corrente; la frequenza di risonanza anche in questo caso dipende dal valore del condensatore e dell'induttanza.

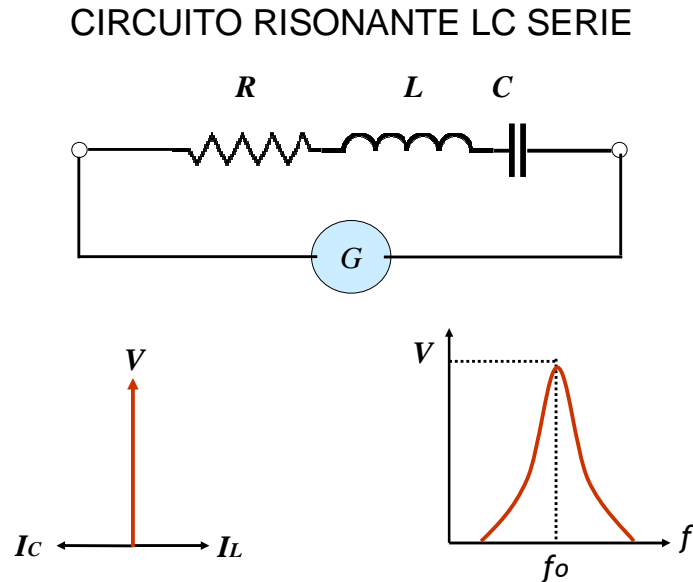


Fig. 126

Per aumentare l'intensità (picco massimo) di corrente o tensione alla frequenza di risonanza, si usa argentare la bobina. L'argento è miglior conduttore rispetto al rame; perciò la caduta di tensione sarà minore, ed il picco di risonanza più alto. Dobbiamo premettere che i conduttori percorsi da corrente alternata hanno questa importante caratteristica: con l'aumentare della frequenza la corrente tende a circolare intorno alla superficie del conduttore. Questa caratteristica peculiare è chiamata **effetto pelle**.

Aumentando il picco di corrente alla frequenza di risonanza, dovuto al fatto che abbiamo argentato la bobina, si ottiene un aumento della qualità del circuito risonante, chiamato anche **fattore di merito**, che si indica con la lettera Q; questo fattore dipende dalla

resistenza del filo della bobina; la formula è la seguente: $Q = \frac{X_L}{R}$; è intuitivo che la

resistenza R, essendo al denominatore più piccola, determina un aumento del fattore di merito Q. Vedi9 figura 127.

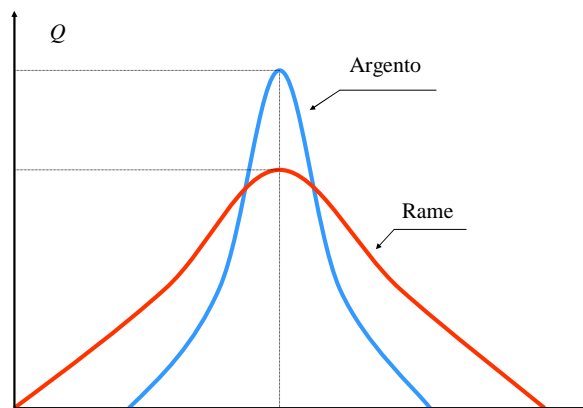


Fig. 127

Per mantenere costante l'oscillazione del circuito LC si dovrebbe utilizzare un commutatore S, vedi figura 128,

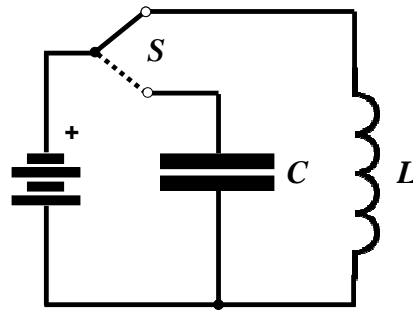


Fig. 128

che spostandosi dal condensatore all'induttanza, permette che la batteria carichi alternativamente condensatore e induttanza; non essendo possibile costruire un commutatore meccanico, in sostituzione si utilizza un tubo a vuoto o un transistor. La funzione della valvola termoionica o tubo a vuoto è quella di fornire al circuito oscillante LC una tensione che eviti lo smorzamento dell'oscillazione. A tale scopo, si utilizza un condensatore o un'induttanza che preleva una porzione di segnale dall'uscita e lo reintroduce, in ingresso, nella valvola o nel transistor o nel FET. Questo particolare circuito prende il nome di **reazione**.

OSCILLATORE HARTLEY

L'oscillatore Hartley, vedi figura 129, è formato da due bobine L1 ed L2 avvolte su di un unico supporto; la bobina L2, essendo collegata induttivamente alla bobina L1, dà origine al circuito di reazione

Il circuito risonante è composto da L1 e C1. La resistenza R ed il condensatore C2 servono a polarizzare la griglia controllo.

OSCILLATORE HARLEY CON TRIODO

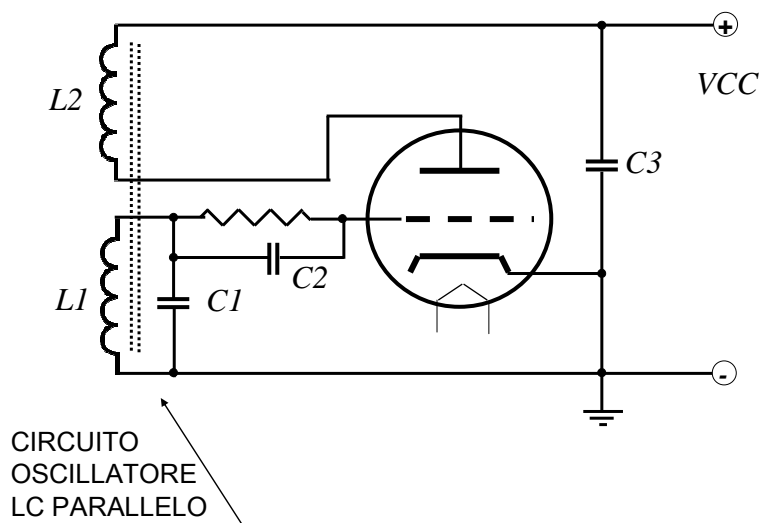


Fig. 129

OSCILLATORE COLPITTS

L'oscillatore Colpitts, vedi figura 130, è molto simile all'oscillatore Hartley, ma invece di una bobina di reazione (L_2) ha due condensatori collegati in serie tra di loro (C_2 e C_3) e in parallelo all'induttanza (L_1).

Il condensatore di accoppiamento C_1 , riporta il segnale d'uscita all'ingresso della griglia di controllo della valvola triodo. Il condensatore C_1 è il condensatore di reazione. La frequenza di oscillazione è determinata dal circuito risonante LC, che è costituito da C_2 e C_3 , in parallelo con L_1 . La resistenza R serve a dare la giusta polarizzazione alla griglia di controllo; il condensatore C_4 evita che la tensione di griglia sia cortocircuitata verso massa dall'induttanza L_1 .

OSCILLATORE COLPITTS CON TRIODO

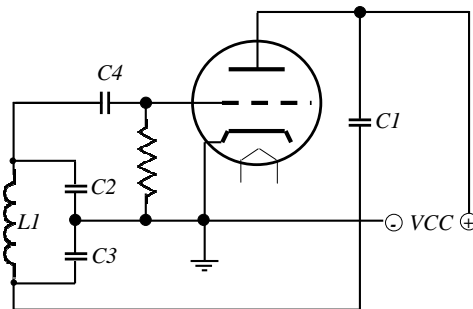


Fig. 130

OSCILLATORE A CRISTALLO

Questo tipo di oscillatore è controllato da un cristallo. Il grande vantaggio di un oscillatore a cristallo è l'alta stabilità in frequenza. I cristalli comunemente utilizzati sono di tormalina o di quarzo. Il cristallo è formato da una lamina sottile alla quale sono fissati due conduttori. Applicando alle due piastre del cristallo una tensione variabile, esso si comprime e si estende; in altre parole, vibra. La frequenza naturale di vibrazione di un cristallo dipende dallo spessore: minore è lo spessore, più elevata è la vibrazione e più alta è la frequenza di oscillazione, e viceversa. Le oscillazioni di un cristallo sono più precise e costanti di un circuito oscillante LC. Lo svantaggio di questo oscillatore è la potenza limitata; perciò non si deve eccedere nella tensione di alimentazione, perché potrebbe spezzarsi e la corrente non deve essere superiore ai 100mA. Negli schemi sottostanti, sono riportati un oscillatore al quarzo con valvola termoionica, figura 131, ed un oscillatore con transistor FET figura 132.

OSCILLATORE A CRISTALLO DI QUARZO CON TRIODO

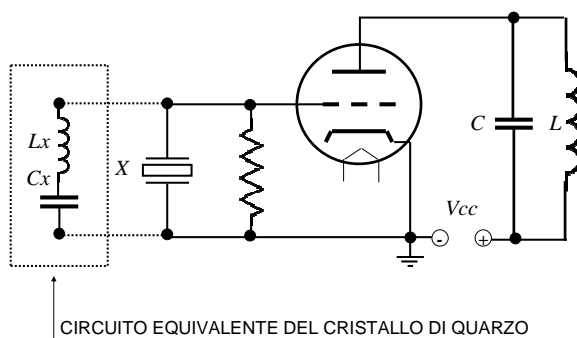


Fig. 131

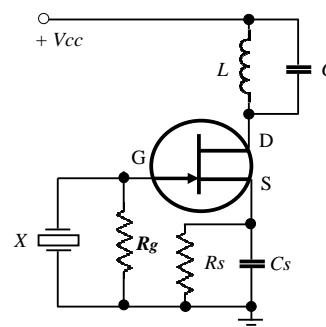


Fig. 132

RICEVITORI

SEMPLICE RICEVITORE AM CON UN SOLO DIODO

Il primo e più semplice ricevitore è formato da pochi elementi; abbiamo, come da figura 133, un circuito risonante LC formato da una bobina L1 ed un condensatore variabile C2; variando la capacità di C2, varia la frequenza di risonanza come dalla formula:

$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

È intuitivo che variando la capacità cambia la frequenza di risonanza.

Il condensatore variabile consente di poter variare la sintonia, per fare la ricerca di una stazione da noi desiderata.

Il rivelatore è un diodo D1; esso elimina la componente negativa, ma porta con sé parte della portante; il condensatore C3 di bassa capacità (2.200 pF) elimina la portante e la cortocircuita verso massa. La reattanza capacitiva varia in funzione della frequenza; più alta è la frequenza, più bassa è la reattanza, come dalla formula:

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \text{ohm}$$

il segnale demodulato dal diodo D1 è sufficiente a pilotare una cuffia ad alta impedenza; per ascoltare l' audio con un altoparlante bisogna aggiungere un amplificatore di bassa frequenza.

Questo tipo di circuito era utilizzabile ai primordi della radio; come diodo si utilizzava la galena, un minerale giacente in natura (solfuro di piombo) ed era utilizzata come raddrizzatore, perché a quei tempi non era stato scoperto il diodo al silicio.

Con l'enorme proliferare di trasmissioni radio questo ricevitore è divenuto inutilizzabile, perché manca di selettività e sensibilità

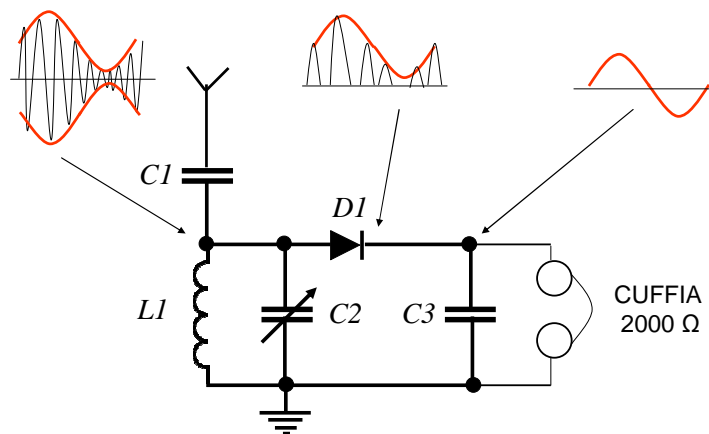


Fig. 133

Nella parte superiore dello schema sono rappresentate le forme d'onda rilevate in vari punti del ricevitore. Con l'evoluzione dell'elettronica, prima con le valvole, poi con i transistor, i ricevitori si sono evoluti, fino alla realizzazione un particolare ricevitore, tuttora utilizzato, al quale è stato attribuito il nome di **supereterodina**.

RICEVITORE AM (A3E)

SCHEMA A BLOCCHI DI UN RICEVITORE AM (MODULAZIONE DI AMPIEZZA)

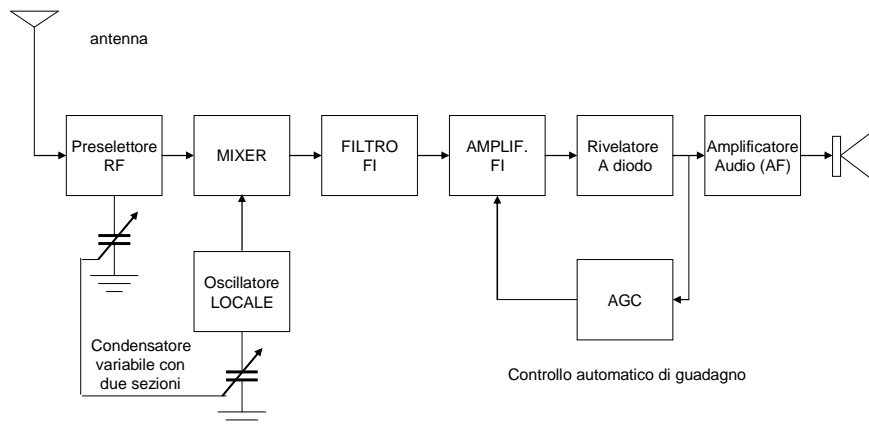


Fig. 134

Nell'analizzare tutte le funzioni di un ricevitore utilizzeremo i seguenti simboli:

F = segnale a radio Frequenza ricevuto dall'antenna (RF)

F_i = Frequenza intermedia

F_{ol} = Frequenza dell'oscillatore locale

F_{imm} = Frequenza d'immagine

PRESELETTORE D'INGRESSO

Il segnale captato dall'antenna è inviato al preselettore d'ingresso che ha tre funzioni:

- 1) Amplifica il segnale proveniente dall'antenna, che ha una potenza troppo bassa per pilotare gli stadi successivi, ottenendo un aumento della sensibilità del radiorecettore; maggiore è la sensibilità di un ricevitore e migliore è l'attitudine a ricevere segnali molto deboli. Ogni amplificatore introduce rumore (noise); se questo rumore è elevato pregiudica la ricezione di segnali deboli e comporta un aumento della rumorosità negli stadi successivi. In questi casi, nel circuito amplificatore-preselettore si utilizza un mosfet; il mosfet è un transistor che, oltre ad avere un basso rumore, ha anche una elevata dinamica. La dinamica è la caratteristica peculiare del mosfet a ricevere segnali molto deboli o molto forti senza introdurre distorsione.
- 2) Riduce considerevolmente le frequenze non desiderate
- 3) Essendo unidirezionale, evita che la frequenza proveniente dall'oscillatore locale, di cui si parlerà successivamente, sia trasmessa nell'etere dall'antenna.

CONVERTITORE DI FREQUENZA O MIXER

L'elemento principale del ricevitore supereterodina è il convertitore di frequenza o mixer. Questo dispositivo esegue una conversione di frequenza; più precisamente permette di centrare (traslare) il segnale della stazione radio di frequenza F , che si desidera ricevere, in corrispondenza di una certa frequenza fissa detta intermedia F_i . A questo circuito vengono applicati due segnali: un segnale di frequenza F , proveniente dal preselettore di ingresso, corrispondente alla stazione radio da ricevere, e uno proveniente dall'oscillatore

locale di frequenza **Fol**. Tale frequenza è strettamente dipendente alla frequenza del segnale che si desidera ricevere e precisamente:

$$F_{ol} = F + F_i$$

dove **Fi** è la frequenza intermedia che, nel caso della trasmissione in modulazione di ampiezza (AM) nei ricevitori a valvole è di 467 KHz, mentre nei recenti ricevitori a transistori è di 455 KHz. Nel convertitore di frequenza, per battimento tra il segnale portante modulato e il segnale prodotto dall'oscillatore locale, si ottiene un segnale, ancora modulato, composto da un gruppo di armoniche; nel caso di un normale ricevitore eterodina utilizzeremo la frequenza armonica più bassa che è:

$$F - F_{ol} = F_i$$

Il vantaggio del sistema supereterodina consiste proprio in questo: modificando la sintonia di ingresso, ovvero la frequenza della portante modulata di ricezione, è possibile modificare parallelamente la frequenza dell'oscillatore locale, in modo che il segnale modulato risultante dal battimento abbia sempre la medesima frequenza portante (**Fi**). E' importante notare che nell'operazione di miscelazione, dalla quale ha luogo il battimento, la larghezza delle bande laterali (banda passante) rimane inalterata, conservando l'informazione della modulante. In genere questa larghezza di banda è 9 KHz.

Purtroppo la conversione di frequenza (eterodinaggio) può dar luogo a ricevere una frequenza indesiderata, detta **frequenza d'immagine**

LA FREQUENZA D'IMMAGINE

Uno dei problemi del sistema ricevitore eterodina o supereterodina, è la presenza nell'etere di un disturbo avente frequenza chiamata frequenza immagine; se il segnale portato da tale frequenza entrasse nel miscelatore dal battimento risulta che:

$$F_{imm} = F + 2F_i, \text{ oppure; } F_{imm} = F_i + F_{ol}$$

Per capire il funzionamento del mixer dobbiamo sapere che alla sua uscita rileviamo quattro frequenze:

La **prima** è la frequenza che stiamo ricevendo, indicata con **F**

La **seconda** è la frequenza dell'oscillatore che generalmente è superiore alla frequenza di ricezione, e, precisamente, è la somma della frequenza intermedia con la frequenza che stiamo ricevendo: **Fol = Fi + F**.

La **terza** è la somma tra la frequenza dell'oscillatore e quella di ricezione: **Fol + F**.

La **quarta** è la differenza tra la frequenza dell'oscillatore e quella di ricezione: **Fol - F**.

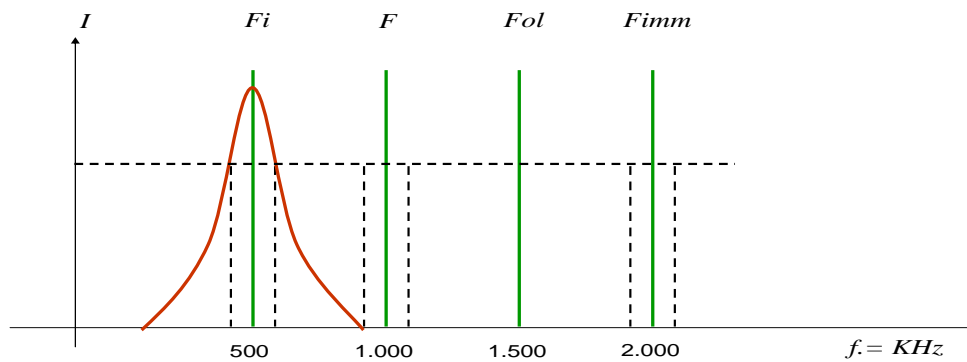
Ad esempio: stabiliamo che stiamo ricevendo un segnale di 1000 KHz (**F**) e che la frequenza intermedia sia 500 KHz (**Fi**); all'uscita del mixer avremo le seguenti frequenze:

la frequenza d'immagine nel primo caso è: **Fimm = F + 2Fi = 1000 + 2x500 = 2000 KHz**;

la frequenza d'immagine nel secondo caso è: **Fimm = Fi + Fol = 500 + 1500 = 2000 KHz**.

Se alla frequenza indesiderata **Fimm** sottraiamo la frequenza dell'oscillatore locale, otteniamo **Fimm - Fol = Fi** (es. 2000-1500=500); detto segnale perciò si sovrapporrebbe al segnale della stazione da noi selezionata.

La **Fimm** viene in precedenza filtrata dal preselettore d'ingresso, perché è all'esterno della sua banda passante come si vede dal grafico sottostante; però la frequenza indesiderata potrebbe passare, ridotta d'intensità, se il segnale ricevuto è molto forte (figura 125).



Legenda:
I = intensità del segnale, *Fi* = frequenza intermedia, *Fol* = frequenza oscillatore,
Fimm = Frequenza immagine
 La linea tratteggiata sta ad indicare la modulante e la larghezza di banda

Fig.125

Come detto in precedenza, a valle del convertitore di frequenza troviamo un certo numero di armoniche; il FILTRO ha il compito di selezionare l'armonica di frequenza **Fi** che trasporta con sé il segnale modulato e di filtrare tutte le altre. Dopo essere passato per il filtro, il segnale viene amplificato da un amplificatore o da una serie di amplificatori a frequenza intermedia, il cui numero e il cui guadagno devono essere sufficienti affinché il segnale in ingresso al demodulatore raggiunga un livello ottimale per poter essere demodolato. Gli amplificatori a **Fi** devono avere le seguenti caratteristiche:

Guadagno: deve essere sufficiente perché il demodulatore lavori in buona linearità.

Larghezza di banda: determina il rapporto segnale/rumore.

Distorsione: è garantita dalla condizione che le componenti significative dello spettro del segnale ricevuto non devono subire alterazioni sia in ampiezza che in fase.

DEMODULAZIONE (rivelatore a diodo)

La demodulazione è il processo inverso, che riporta la banda di frequenza al suo valore iniziale, in modo che possa essere aumentata d'intensità dall'amplificatore a bassa frequenza. Nel ricevitore AM la demodulazione è rivelata secondo l'ampiezza del segnale

AGC (Automatic Gain Control – Controllo Automatico di Guadagno).

Per mantenere ottimale il livello del segnale, in modo tale che il successivo amplificatore audio non comporti distorsione, l'AGC preleva la componente continua del segnale in uscita del demodulatore confrontandola con un livello prestabilito dal progettista; eventualmente, se all'uscita del rivelatore ci fosse una variazione di intensità, questo sistema agirebbe direttamente sul guadagno degli amplificatori a frequenza intermedia, variando la polarizzazione dei transistor amplificatori di *Fi*.

AMPLIFICATORE AUDIO (AF)

L'amplificatore audio ha il compito di elevare il livello di potenza del segnale da valori dell'ordine del mW a valori pari o superiori al centinaio di mW (ricevitori portatili), fino al centinaio di watt (ricevitori alimentati alla tensione di rete). Generalmente è costituito da un amplificatore di potenza di tipo push-pull in classe AB o B.

AFC (Automatic Frequency Control)

Nei vecchi ricevitori dove non erano utilizzati cristalli di quarzo per stabilizzare la frequenza di sintonia era utilizzato il circuito AFC, simile all' AGC che stabilizzava gli slittamenti di frequenza degli oscillatori.

SQUELCH

Per evitare che il rumore di fondo del ricevitore disturbi l'ascolto, vi è un potenziometro che, opportunamente regolato, sblocca l'audio. Questo circuito di silenziamento rileva il livello di modulazione all'ingresso del ricevitore.

S-METER

È uno strumento posto sulla parte frontale del ricevitore che indica il livello del segnale ricevuto in antenna S-Meter; esso è tarato dall'1 al 9; per segnali più forti la scala indica direttamente il livello in dB. La variazione di un S-scala corrisponde ad una differenza di 6 decibel (dB), pari ad un rapporto di 2 in tensione e di 4 in potenza nella gamma.

La IARU (International **A**mateur **R**adio **U**nion) definisce il livello d'ingresso riferito alle bande HF e VHF, come da tabella:

Gamma HF	-73 dBm	50uV	50 ohm
Gamma VHF	-93 dBm	5 uV	50 ohm

Inoltre la stessa definisce che una differenza di 1 S-unità corrisponde ad una differenza di 6 decibel (dB), pari ad un rapporto di tensione di due, o a un rapporto potenza di quattro.

RICEVITORE A MODULAZIONE DI FREQUENZA (FM)

Il ricevitore a FM (modulazione di frequenza) si differenzia sia dal ricevitore in AM per il filtro F_i che è di 10.7 MHz, (ad esempio: se stiamo ricevendo un segnale a 100 MHz, l'oscillatore locale sarà $100+10,7= 110,7$ MHz), sia dal rivelatore in FM.

Il rivelatore FM è chiamato demodulatore o anche discriminatore. Ci sono di diversi tipi di rivelatori; i principali sono:

SCHEMA A BLOCCHI DI UN RICEVITORE FM (MODULAZIONE DI FREQUENZA)

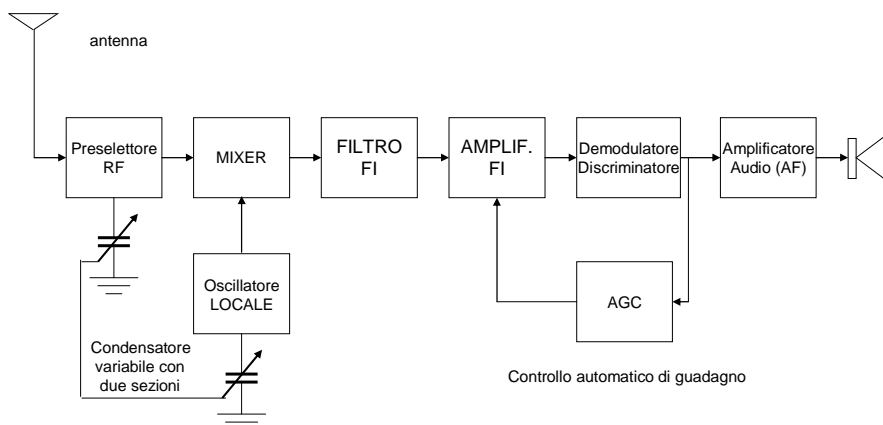


Fig. 136

Discriminatore a pendenza: un solo diodo rivelatore dividerebbe in due parti uguali il segnale modulato in frequenza; il discriminatore a pendenza trasforma il segnale da FM in AM, per poi essere rivelato con un semplice diodo.

Demodulatore Foster-Seely o discriminatore a sfasamento: questo tipo di rivelatore, grazie ad un'induttanza collegata tra la presa centrale ed un partitore RC, determina uno sfasamento del segnale FM che viene trasformato in AM, che è poi rivelato dai due diodi D1 e D2, come da figura 137.

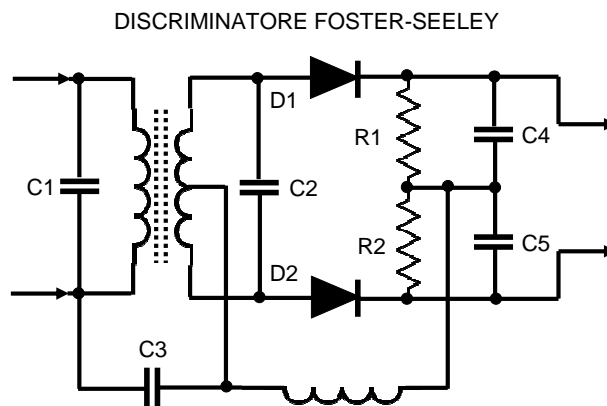


Fig. 137

RICEVITORE SSB (Single Side Band)

Il ricevitore AM e DSB (Double Side Band – doppia banda) è stato completamente abbandonato dai radioamatori (OM - Old Man), perché il trasmettitore in AM utilizza doppia potenza per inviare il segnale nell'etere ed inoltre occupa una larghezza di banda doppia, con circuiti piuttosto complessi, come nel modulatore ad anello, nel quale il segnale viene irradiato sopprimendo la portante. Per eliminare la banda laterale bisogna aggiungere un altro circuito, per cui avremo un segnale RF a banda singola USB (Upper Side Band – upper superiore) o LSB (Lower Side Band – Lower inferiore). In assenza della portante di riferimento dobbiamo rigenerarla e iniettarla nel demodulatore; questo oscillatore, nel demodulatore ricrea la portante soppressa. Per evitare deviazioni di frequenza che si ripercuotono in variazioni del tono si utilizza un oscillatore a cristallo di quarzo, che è molto stabile; questo circuito è chiamato BFO (Beat Frequency SSB -Single Side Band-) ed oscilla alla F_i (Frequenza intermedia).

Una volta ricostruita la portante, si procede alla rivelazione del segnale.

Lo schema in figura rappresenta un ricevitore supereterodina identico agli altri ricevitori, al quale è stato aggiunto il BFO, vedi figura 138.

RICEVITORE SSB (Single Side Band)

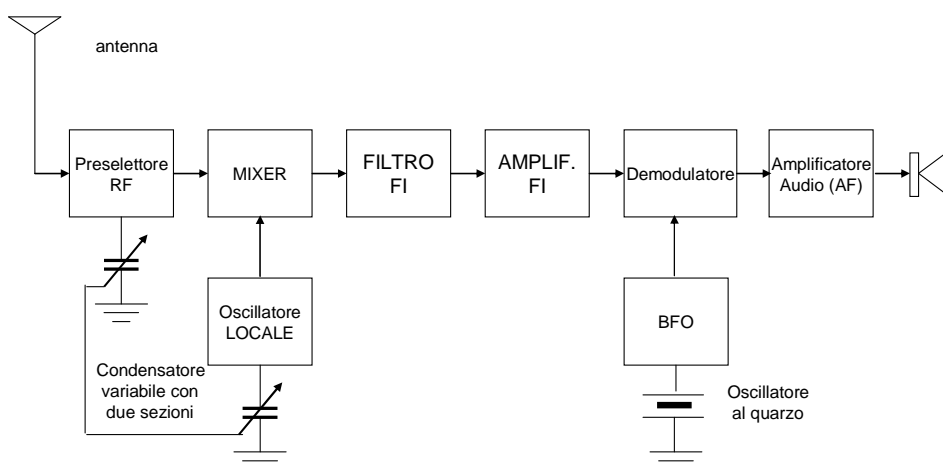


Fig.138

FILTRO PER RIDURRE LA BANDA PASSANTE

I radioamatori, per il loro *servizio*, hanno a disposizione nelle frequenze a loro assegnate delle bande piuttosto ristrette, e per poter operare senza essere disturbati dai trasmettitori adiacenti nell'amplificatore F_i aggiungono un ulteriore filtro a cristallo per restringere la banda passante, che in CW è di 500 Hz e in SSB è di 1.800 Hz, vedi figura 139.

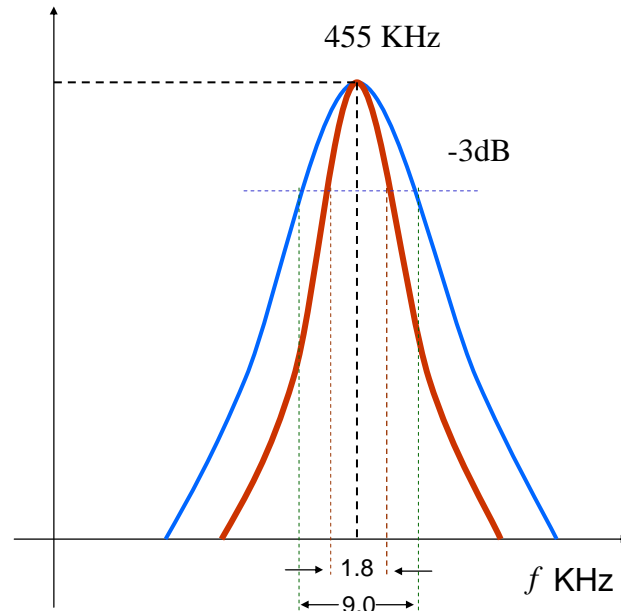


Fig. 139

CARATTERISTICHE DEI RICEVITORI

Le caratteristiche salienti dei ricevitori sono: Rumore di fondo, Sensibilità, Selettività, Larghezza di banda, Diafonia.

SELETTIVITÀ

Per sensibilità (sensitivity) di un ricevitore si intende la capacità di ricevere segnali deboli. Il segnale di uscita deve però essere di intensità e qualità accettabili, quindi la sensibilità deve essere riferita al rumore di fondo ed alla distorsione.

RUMORE DI FONDO

Rumore di fondo o rumore termico: è causato dall'agitazione termica degli elettroni ed è indipendente dal livello del segnale. Esso è generato da tutti i componenti attivi e passivi, transistor (BJT) fet mosfet (JFET) valvole termoioniche, resistori, condensatori.

Il rumore di fondo è generato anche dal mixer o convertitore di frequenza

SELETTIVITÀ

La selettività di un ricevitore indica la capacità di separare il segnale desiderato, su cui è accordato, da altri segnali di frequenza diversa.

DIAFONIA

La diafonia è il passaggio di energia da un circuito all'altro per accoppiamenti induttivi e capacitivi; si verifica quando più circuiti di trasmissione sono vicini tra di loro, e nel caso in cui le coppie di conduttori sono contenute nello stesso tubo.

PROPAGAZIONE DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE

Le onde elettromagnetiche, una volta irradiate dall'antenna trasmittente (TX), possono raggiungere l'antenna ricevente (RX) nei seguenti modi:

- Onda terrestre o onda di superficie
- Onda spaziale diretta
- Onda spaziale riflessa dalla ionosfera
- Onda spaziale riflessa dai satelliti

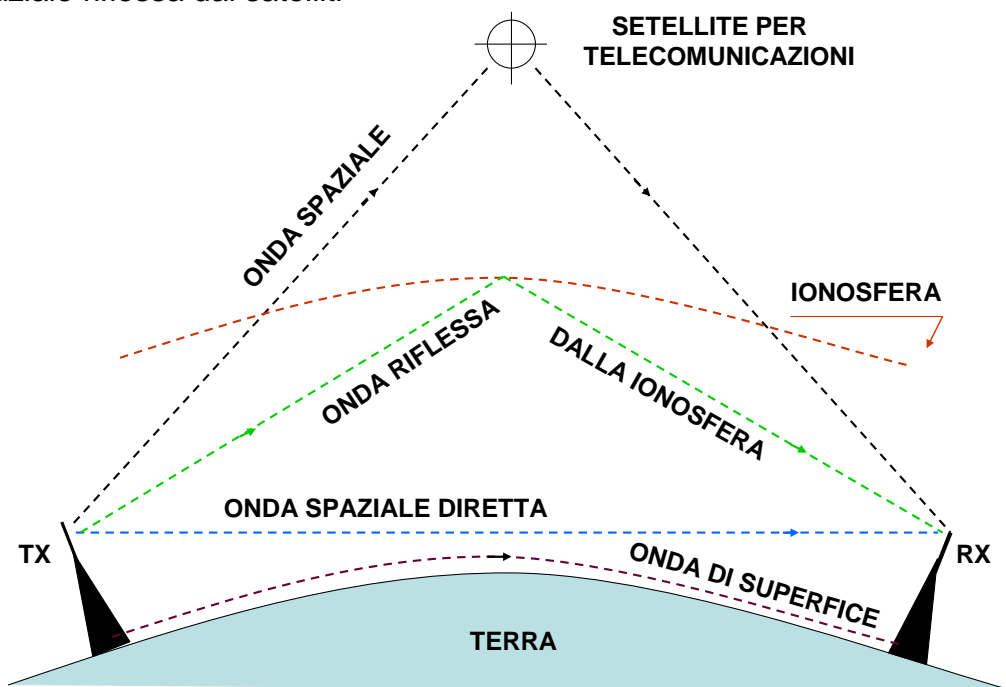


Fig. 140

ONDA TERRESTRE O DI SUPERFICIE

L'onda terrestre si ha quando le antenne TX e RX si trovano vicino al suolo, ad altezza relativamente piccola nei confronti della lunghezza d'onda, della frequenza emittente, e quando entrambe le antenne sono polarizzate verticalmente.

Queste onde si propagano rasenti al suolo, seguendo la curvatura della superficie terrestre. Il percorso che esse possono compiere è limitato dall'assorbimento di energia esercitato dal suolo.

Il suolo in parte assorbe ed in parte riflette le onde che si propagano lungo esso.

L'attenuazione subita da queste onde è tanto maggiore quanto più è elevata la frequenza del segnale e pertanto l'onda terrestre è impiegata per la radiodiffusione ad onde lunghe e medie. Le onde lunghe possono compiere percorsi anche di 1500 Km.

ONDA SPAZIALE DIRETTA

L'onda spaziale diretta si ha quando le antenne TX e RX si trovano ad un'altezza superiore rispetto alla lunghezza d'onda del segnale trasmesso. L'altezza sarà tale che le antenne si potranno considerare a "distanza ottica" (nel senso che l'antenna TX "vede" quella RX). Le onde dirette vengono di solito impiegate per frequenze superiori ai 30 MHz (detta frequenza critica), cioè con lunghezza d'onda inferiore a 10 metri e quindi nelle trasmissioni TV e radio FM e ripetitori radio amatoriali generalmente allocati in altura.

ONDA SPAZIALE RIFLESSA DALLA IONOFERA

Le onde elettromagnetiche non raggiungono direttamente l'antenna RX, ma provengono dall'alto dopo essere state riflesse dalla ionosfera. La riflessione avviene perché queste onde hanno frequenza inferiore alla *frequenza critica* di 30 MHz.

La terra non è circondata completamente dal vuoto, ma da un grande involucro d'aria detto atmosfera, che a sua volta si distingue in:

Troposfera, che si estende dalla superficie terrestre fino a circa 16 Km di altezza; **Stratosfera**, da 16 Km a 60 Km; **Ionosfera**, oltre i 60 Km; **Esosfera**, oltre i 480Km.

Come da figura 141, nella ionosfera si individuano poi i seguenti strati: **D**, da 60 a 80 Km (presente solo di giorno); **E**, da 90 a 130 Km; **F1**, da 180 a 220 Km; **F2**, da 220 a 500 Km.

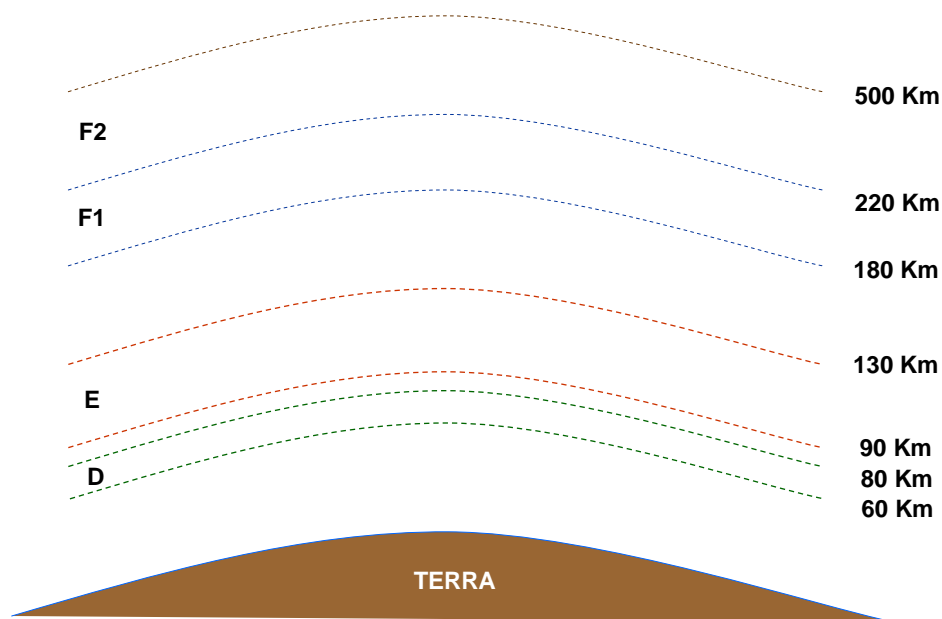


Fig. 141

Durante la notte, gli strati **F1** e **F2** si uniscono in un unico strato **F**, localizzato tra 250 e 350 Km. La ionosfera viene così chiamata perché, quando quella zona di atmosfera viene ad essere colpita dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole, si ionizza. La ionizzazione varia nell'arco della giornata: è massima a mezzogiorno e nell'arco delle stagioni, è massima d'inverno. Poiché gli strati della ionosfera variano di altezza e di intensità, le ricezioni dei segnali variano di intensità; detta variazione viene chiamata *fading*.

Gli strati prima citati sono caratterizzati da un diverso grado di ionizzazione e tra quelli più bassi vi sono fasce di separazione a bassa ionizzazione che modificano l'angolo di rifrazione dell'onda.

Quando l'onda elettromagnetica emessa dal TX penetra in zone successivamente più ionizzate subisce deviazioni rispetto alla sua traiettoria normale, tanto più rilevanti quanto più intensa è la ionizzazione.

Quando la deviazione subita dall'onda incidente raggiunge e supera 90°, essa non può più penetrare nello strato ionizzato e viene da questo totalmente riflessa.

L'onda riflessa, attraversando, nel suo ritorno verso terra, strati successivamente meno ionizzati, modifica la sua direzione, rendendosi progressivamente rettilinea, in modo da uscire dallo strato riflettente con un angolo pari a quello incidente.

La riflessione totale di un'onda a radiofrequenza, da parte dello strato ionizzato, dipende dalla frequenza del segnale, dalla densità di ionizzazione, dagli strati dell'atmosfera e dall'angolo di incidenza nella ionosfera.

La figura 142, mostra vari casi per angoli di incidenza diversi.

La curva 1 si riferisce ad un'onda con angolo molto grande, per cui essa subisce la riflessione già dal primo strato ionizzato.

Le curve 2 e 3, con angolo di incidenza più piccolo, debbono penetrare di più lo strato ionizzato per essere riflesse.

La curva 4 ci mostra il caso in cui l'onda attraversa il primo strato per essere riflesso dal secondo che si ipotizza più ionizzato del primo. Si nota che man mano l'angolo di incidenza diminuisce, diminuisce anche la distanza dell'onda riflessa dal trasmettitore, fino a raggiungere una distanza minima per un certo angolo di incidenza. Questa distanza minima viene chiamata "zona di silenzio".

La curva 5 rappresenta un'onda che incide lo strato ionizzato con un angolo molto piccolo; essa non subisce la giusta rifrazione dagli strati ionizzati e prosegue il cammino senza ritornare sulla Terra. I radioamatori utilizzano le frequenze superiori ai 144 MHz che si comportano come nella curva 5, per *bucare* lo strato della ionosfera.

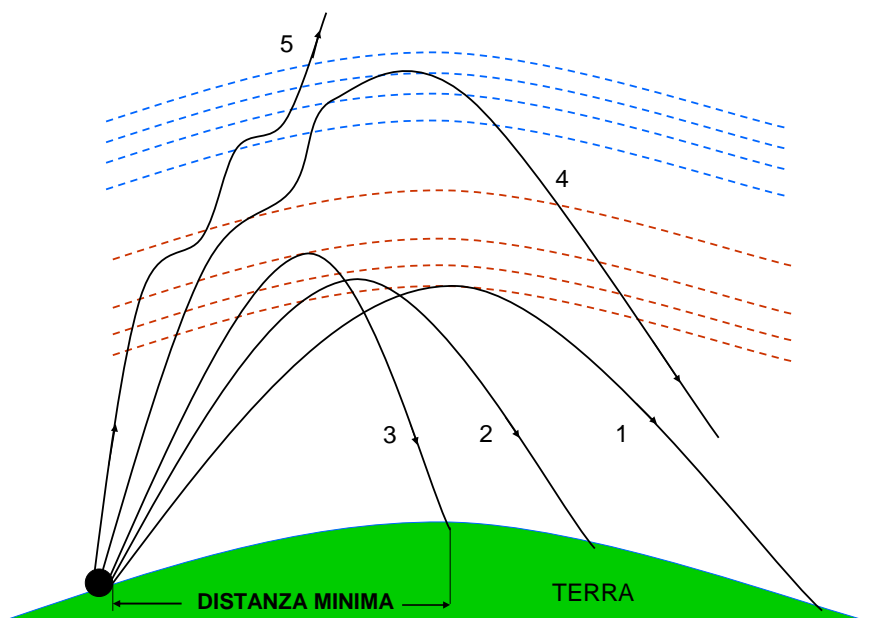


Fig. 142

ONDA SPAZIALE RIFLESSA DAI SATELLITI

L'onda spaziale riflessa dai satelliti si ha quando (come nel caso della curva 5, ma questa volta volutamente) un segnale viene inviato nello spazio con un angolo incidente molto piccolo ed indirizzato in un punto preciso dello spazio in cui è allocato un "satellite artificiale geostazionario". Il satellite, mantenendo rigorosamente costante la posizione nei confronti della Terra, si comporta come se fosse un'antenna ad enorme altezza (circa 36.000 Km), in grado di riflettere il segnale verso terra. Il satellite si comporta come un ripetitore di segnali; esso riceve i segnali da terra per poi ritrasmetterli verso terra. Questi tipi di satelliti geostazionari sono utilizzati per irradiare le trasmissioni televisive. Come da figura 143, il satellite ruota con il ruotare della Terra ad una velocità proporzionata alla distanza del satellite dalla Terra; perciò un osservatore terrestre vedrà il satellite fermo.

I satelliti radio-amatoriali invece hanno orbite diverse, cioè ruotano intorno alla Terra, e un osservatore terrestre "vedrà" il satellite spostarsi.

Per trovare l'orbita di rotazione, esistono programmi che, installati sul computer, permettono di individuare la posizione del satellite ed eventualmente comandare il rotore che determina il puntamento dell'antenna. Attualmente sono in orbita 25 satelliti radioamatoriali. Anche l'Italia ha il suo satellite in orbita.

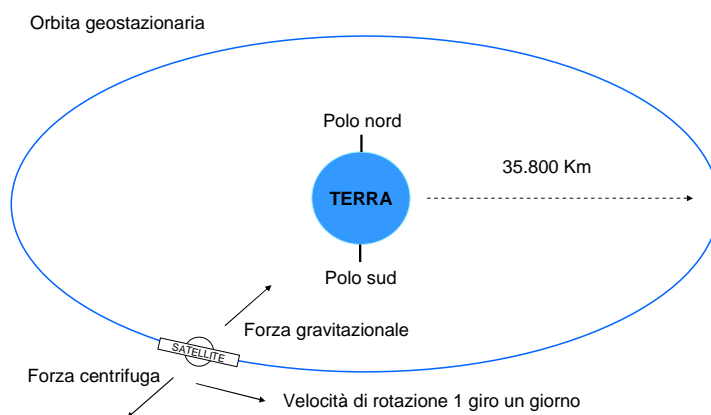


Fig. 143

I radioamatori, per comunicazioni radio a lunga distanza per frequenze superiori ai 30 MHz che non vengono riflesse dagli strati della ionosfera, possono usare anche la Luna come naturale specchio riflettente dei segnali radio. L'acronimo di questo tipo di comunicazioni è EME (Earth-Moon-Earth : Terra-Luna-Terra) le frequenze utilizzate per questo tipo di trasmissione comunemente sono: 144 – 432 – 1296 Mhz.

In casi particolari, come nei mesi estivi, approfittando dell'aumento di meteoriti (sciame meteorico) è possibile utilizzare questa formazione di meteore come specchio riflettente; questo tipo di trasmissione è chiamata meteorscatter; per questo tipo di comunicazioni si utilizzano frequenze superiori ai 144 Mhz, vedi figura 144.

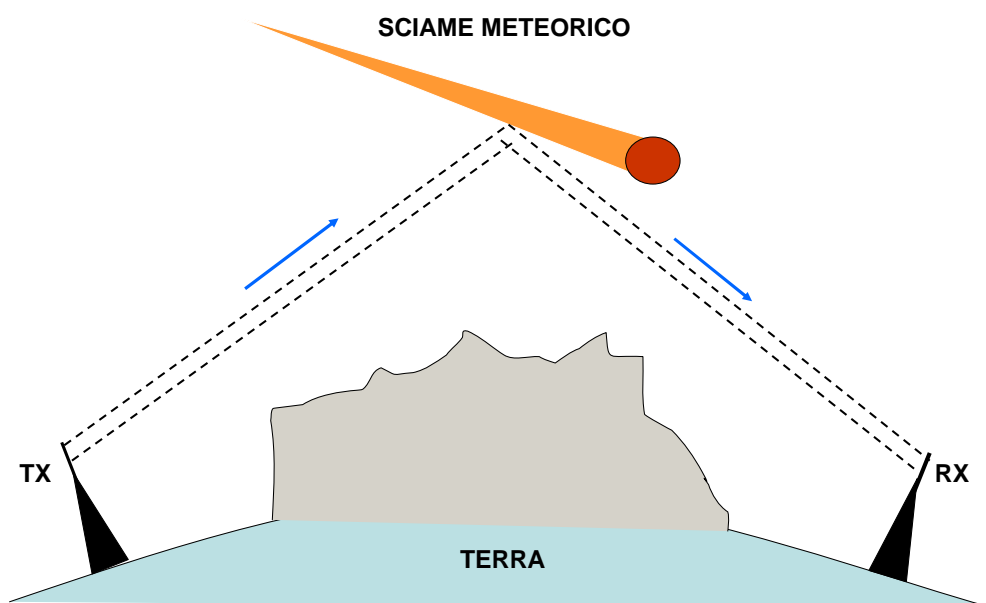


Fig. 144

LE ANTENNE

Le antenne sono dispositivi in grado di convertire il campo elettromagnetico che captano in un segnale elettrico, oppure di irradiare, sotto forma di campo elettromagnetico, il segnale elettrico con il quale vengono alimentati. L'antenna è un trasduttore. Un principio fondamentale dell'elettromagnetismo, detto principio di reciprocità, garantisce che qualsiasi antenna possa indifferentemente funzionare sia come antenna trasmittente che come antenna ricevente. Le dimensioni delle antenne sono vincolate dalla lunghezza d'onda che devono operare: più bassa è la frequenza e più grande è l'antenna; viceversa, più alta è la frequenza e più piccola è l'antenna. La formula della lunghezza d'onda è la seguente: $\lambda = \frac{300.000.000}{f} = \text{metri}$ oppure $\lambda = \frac{300}{f(\text{Mhz})} = \text{metri}$,

dove λ (lambda) è la lunghezza d'onda in metri, 300.000.00 è la velocità della luce in metri al secondo, f è la frequenza in Hertz.

Anche se in via teorica qualunque conduttore si comporta da antenna, il fenomeno di trasduzione proprio dell'antenna è rilevante solo per forme e dimensioni dell'oggetto ben precise: le caratteristiche geometriche di un'antenna ne definiscono caratteristiche e prestazioni. Questo dà conto della varietà di dispositivi che la tecnologia realizza: così un'antenna omnidirezionale per le onde medie sarà costruttivamente del tutto differente da un'antenna direttiva per microonde.

GUADAGNO DELL'ANTENNA

Il guadagno di un'antenna è misurato per confronto tra l'antenna considerata e (idealmente) un'antenna isotropa (cioè perfettamente omnidirezionale). Nella pratica come antenna di riferimento si usa spesso il dipolo, perché un'antenna realmente isotropa è un'idealizzazione fisicamente impossibile, mentre si dimostra che il dipolo ha un guadagno di 2,15 dB rispetto ad una sorgente isotropa ideale. La maggior parte delle antenne reali irradiano di più di un'antenna isotropa in alcune direzioni e meno in altre, permettendo quindi una maggiore intensità di irradiazione (o un segnale captato più intenso) in certe particolari direzioni. Il guadagno è quindi dato dalla capacità dell'antenna di concentrare il campo elettromagnetico in una data direzione, ed è solitamente misurato nella direzione in cui l'antenna ha la massima emissione o ricezione, come un numero adimensionale.

IMPEDENZA CARATTERISTICA

L'impedenza caratteristica di un'antenna, o impedenza in ingresso all'antenna, è l'impedenza che un'antenna presenta ai suoi terminali. Ogni tipo di antenna ha la sua impedenza caratteristica, che è necessario conoscere per poterla adattare alla linea di trasmissione (cavo coassiale o piattina bifilare), cioè fare in modo che l'onda che si propaga venga completamente trasmessa e non riflessa. Il coefficiente di riflessione è detto anche ROS (Rapporto Onde Stazionarie).

Ecco alcune impedenze caratteristiche: alla fig.1, Ground Plane 50 Ohm; alla fig. 2, Dipolo aperto 75 Ohm; alla fig. 3, Dipolo chiuso 300 Ohm, Inverted V (60 gradi) 50 Ohm.

L'impedenza caratteristica di un'antenna si può agevolmente adattare al cavo mediante l'uso di appositi trasformatori di impedenza (vedi anche balun e accordatori) che possono essere costituiti da tratti di linea risonanti con la frequenza caratteristica dell'antenna o spostando l'attacco della linea di discesa dal centro dell'antenna stessa. In fondo, anche un'antenna risonante non è altro che un trasformatore d'impedenza che adatta l'impedenza di uscita di un trasmettitore o di un ricevitore (molto spesso de valore di 50 ohm) con quella dello spazio (impedenza tipica di 377 ohm).

ANTENNA GROUND PLANE (fig.145)

L'antenna ground plane (GP) è composta da un solo elemento verticale, la cui lunghezza è $\frac{1}{4}$ d'onda. L'antenna verticale, a differenza del dipolo, ha bisogno di un piano di terra, cioè di un "piano" riflettente, in modo da risultare per il trasmettitore o per il ricevitore come un elemento doppio. La sua impedenza caratteristica varia da 37 ohm per i piani di terra a 90 gradi rispetto all'elemento radiante, a 72 ohm se l'angolo fosse di 180°. Normalmente si inclinano i piani di terra di circa 120 gradi rispetto all'elemento radiante per avere un'impedenza caratteristica di 50 ohm, adatta per connettere l'antenna ai cavi coassiali normalmente in uso. La GP è utilizzata in prevalenza per gli apparati Rx Tx veicolari.

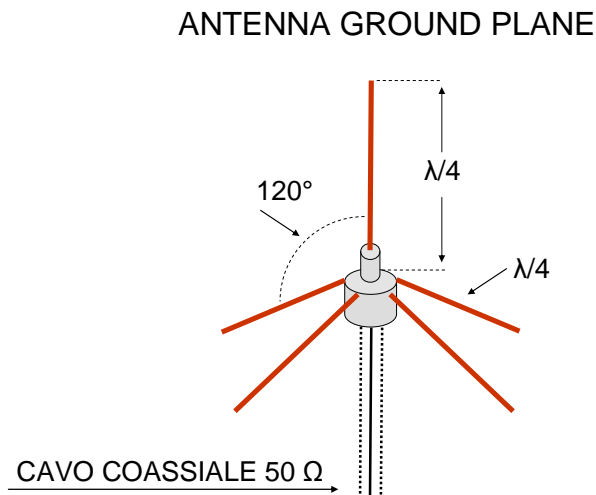


Fig. 145

ANTENNA DIPOLO APERTO (fig. 146)

Il dipolo aperto è diviso in due parti di pari lunghezza e nel punto centrale i due segmenti del conduttore sono collegati al cavo coassiale che porta all'apparato ricetrasmittente. La lunghezza è $\frac{1}{4}$ per ogni braccio, quindi la lunghezza totale del dipolo è di $\frac{1}{2}$ onda. Date le lunghezze di questi tipi di antenna, i dipoli sono normalmente disposti orizzontalmente al terreno; il dipolo steso in orizzontale irradia principalmente in sole 2 direzioni.

ANTENNA A DIPOLO APERTO

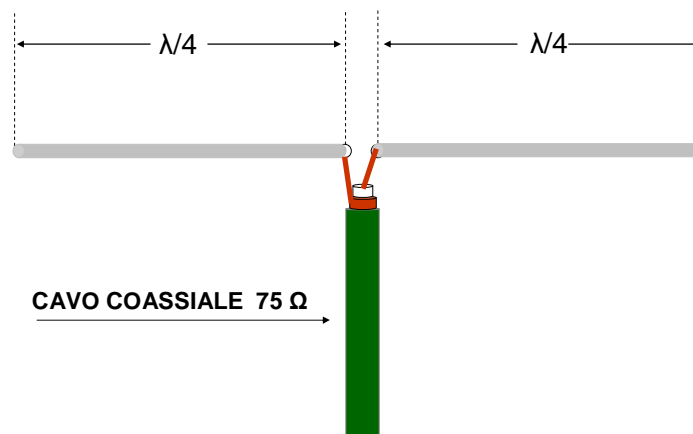


Fig. 146

ANTENNA DIPOLO CHIUSO (fig. 147)

Questo tipo di antenna ha le stesse dimensioni di quella a dipolo aperto, con lo stesso diagramma di radiazione ma con impedenza tipica di 300 Ohm. Per ottenere buone prestazioni, se usata come antenna ricevente o come antenna trasmittente, deve essere posta ad un'altezza da terra di almeno mezza lunghezza d'onda. Come regola generale, le antenne devono essere il più possibile distanti da altre antenne, cavi e parti metalliche in genere.

ANTENNA A DIPOLO CHIUSO

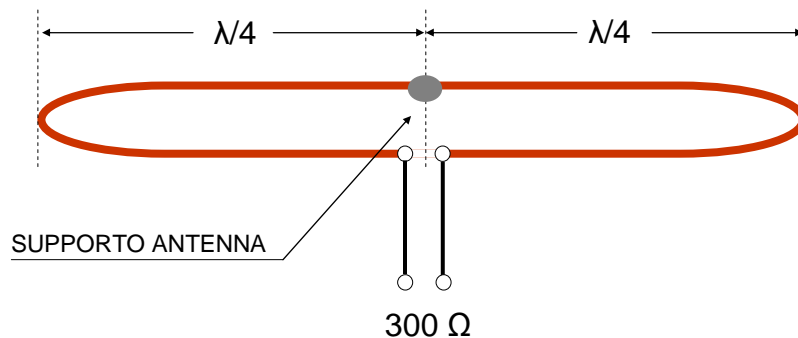


Fig. 147

BALUN (fig.148)

Nei di dipoli, per assicurare una corretta distribuzione di corrente in antenna, è necessario usare un trasformatore, o adattatore di impedenza, chiamato balun (dall'abbreviazione inglese di **BAL**anced-**UN**balanced).

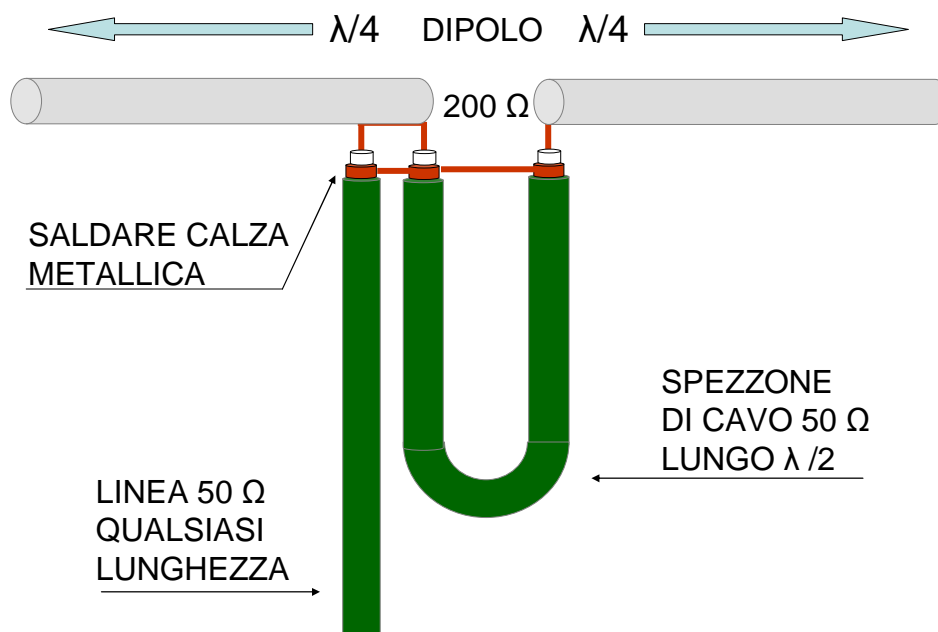


Fig. 148

ACCORDATORI (fig.149)

Nelle figure sottostanti sono schematizzati altri tipi di adattatori di impedenza con la funzione di accordatori.

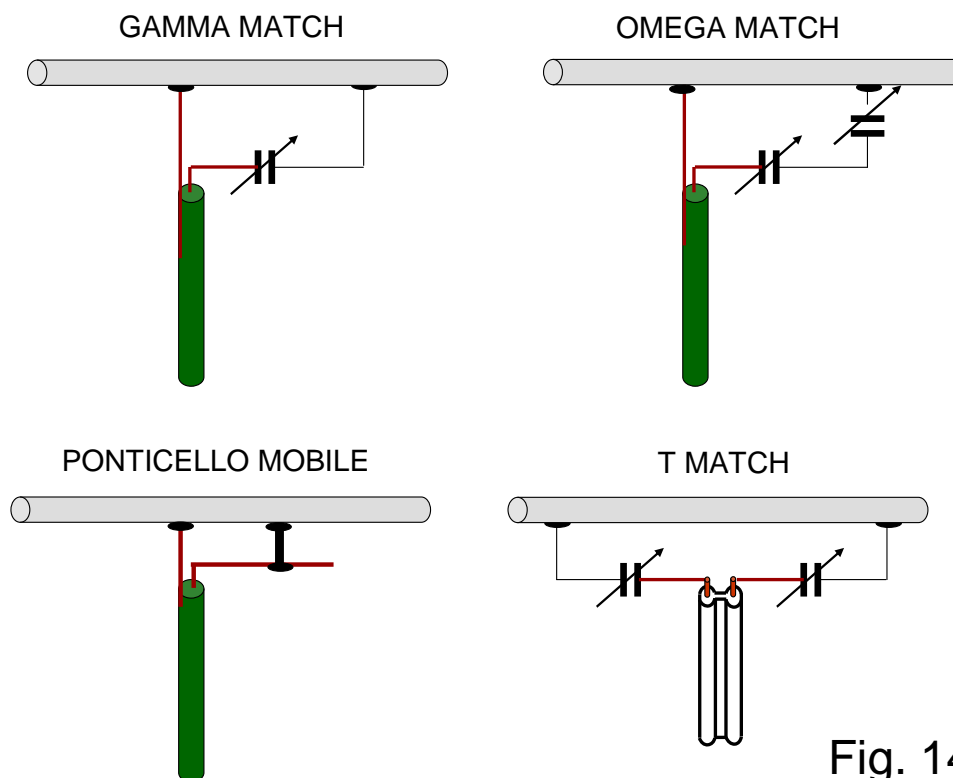


Fig. 149

ANTENNA DIPOLO TRAPPOLATA

Il radioamatore, per questioni di spazio e per evitare di montare su di un unico traliccio diverse antenne per ogni gamma, utilizza un unico dipolo o una Yagi a due o tre elementi trappolata, schematicamente rappresenta in figura 150. Grazie alle trappole, l'antenna risuona a diverse frequenze. Utilizzando un solo ramo ($\frac{1}{4}$ d'onda) del dipolo messo in verticale e creando il piano di terra, il dipolo si trasforma in una GP trappolata (fig 151).

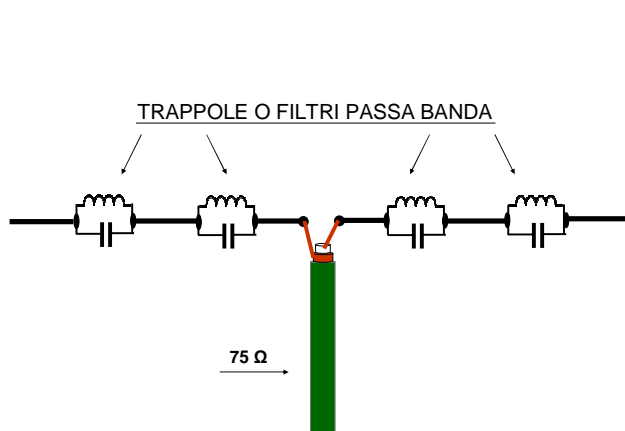


Fig. 150

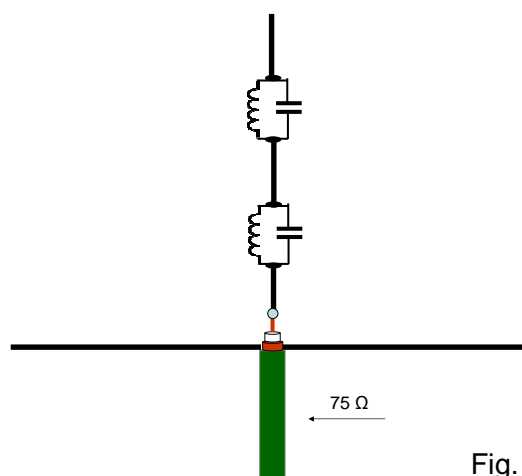


Fig. 151

INVERTED V

Questo tipo di antenna non è altro che un dipolo aperto, che è stato piegato in modo da formare un angolo di circa 60° ; questa angolazione ne modifica l'impedenza e la porta da 75 ohm a 50 ohm. (fig. 152)

ANTENNA AD INVERTED V

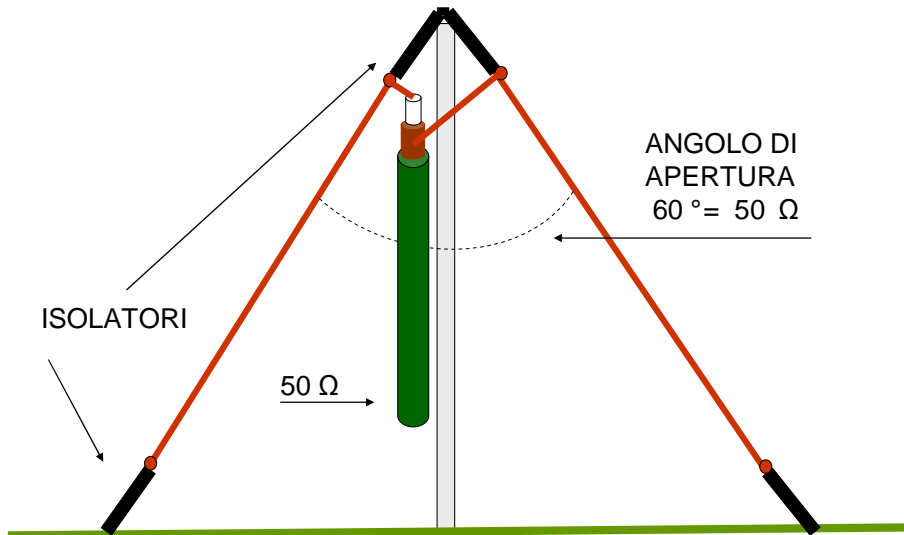


Fig. 152

ANTENNA CUBICA (CUBICAL QUAD)

Altro tipo di antenna simile al dipolo chiuso e con elevato guadagno è l'antenna cubica o Cubical Quad, usata nelle frequenze decametriche per l'elevato rendimento ed area di cattura; è un'antenna che richiede molto spazio. (fig. 153)

ANTENNA QUAD

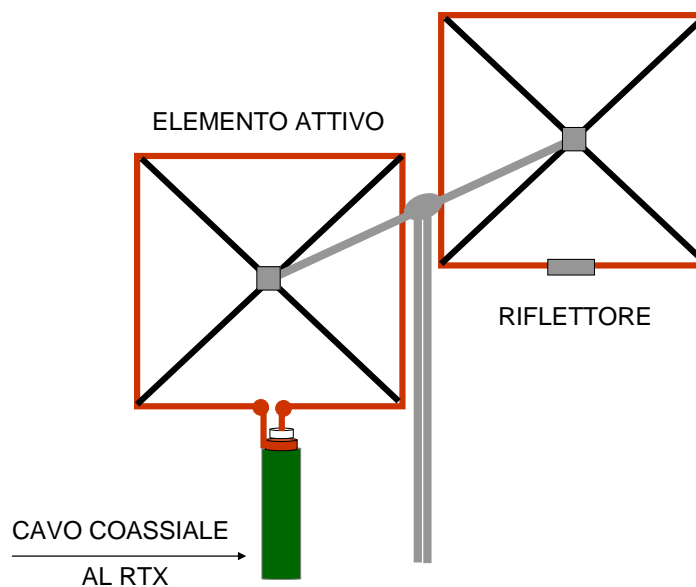


Fig. 153

ANTENNA YAGI

Dal nome dei suoi inventori Hidetsugu Yagi e Shintaro Uda dell'Università Imperiale di Tohoku, Sendai, Giappone, che nel 1926 la idearono. Si compone di più elementi (da 2 a 20 o più), tra loro paralleli, di lunghezza $\lambda/2$ che si riducono gradatamente di lunghezza, ed assemblati su di un profilato tubolare o quadrato (definito *boom* o in italiano *boma*).

Grazie alle sue doti di direzionalità offre buon guadagno e buona attenuazione nei confronti dei segnali provenienti da direzioni diverse da quella di puntamento. L'antenna di tipo Yagi, con dimensioni opportunamente calcolate, viene impiegata dalle onde corte sino alle microonde comprese, ed ovunque sia richiesto buon guadagno e buona direttività. Come praticamente tutti i tipi di antenna, anche le Yagi sono utilizzate sia in trasmissione che in ricezione. Il guadagno d'antenna in base al numero di elementi, varia da circa 6dB fino a circa 20dB (fig.154).

ANTENNA YAGI o YAGI-UDA

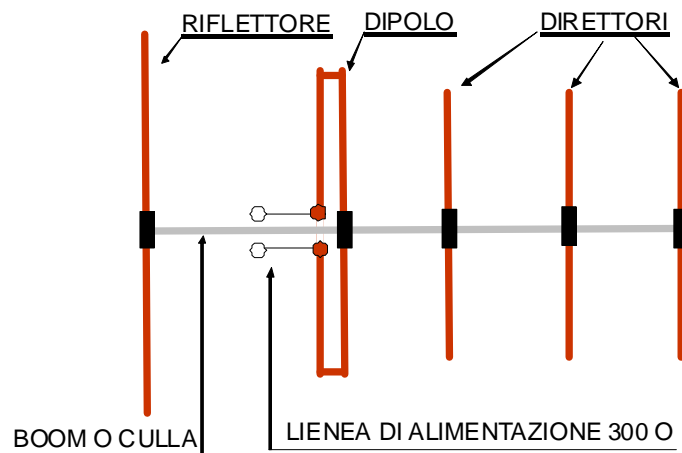


Fig. 154

ANTENNA COLLINEARE

Collegando su di un unico palo di sostegno un insieme di dipoli, in genere 4, si dà origine ad una antenna collineare, molto usata nei ripetitori radioamatoriali per la sua robustezza e con diagramma di irradiazione quasi circolare. Per la singola stazione radioamatoriale i dipoli sono contenuti in un unico tubo e spesso sono delle antenne multi banda. (figure.155 e 156)

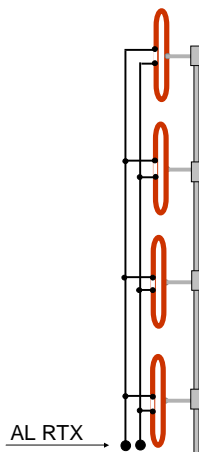


Fig. 155

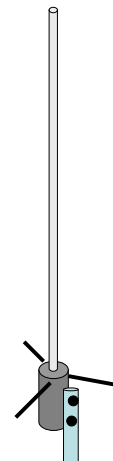


Fig. 156

ANTENNA LOGARITMICA (LOG PERIODIC)

La log periodic è un'antenna direttiva usata per la ricezione e la trasmissione di segnali radio. L'antenna logaritmica è largamente usata in ambito televisivo e forse troppo poco sfruttata in campo radioamatoriale. È composta da un certo numero di dipoli di lunghezza e spaziatura decrescente, collegati con una linea incrociata (vedi figura in basso). La peculiarità di questa antenna è di avere una banda larghissima; se progettata bene ha guadagni elevati e lineari su tutta la banda (solitamente compresi tra 7 e 12 dB). Può essere realizzata anche per le bande SHF fino a 3 - 4 GHz. Praticamente questo tipo di antenna è composta da tutti dipoli che entrano in risonanza in funzione della loro lunghezza e tutti gli altri dipoli diventano elementi passivi. A differenza della Yagi, che ha un solo supporto per gli elementi, la log periodica invece ne ha due e il cavo coassiale è collegato nella punta dell'antenna: su di un supporto si collega la calza metallica del cavo e all'altro il filo centrale (lato caldo). (fig. 156)

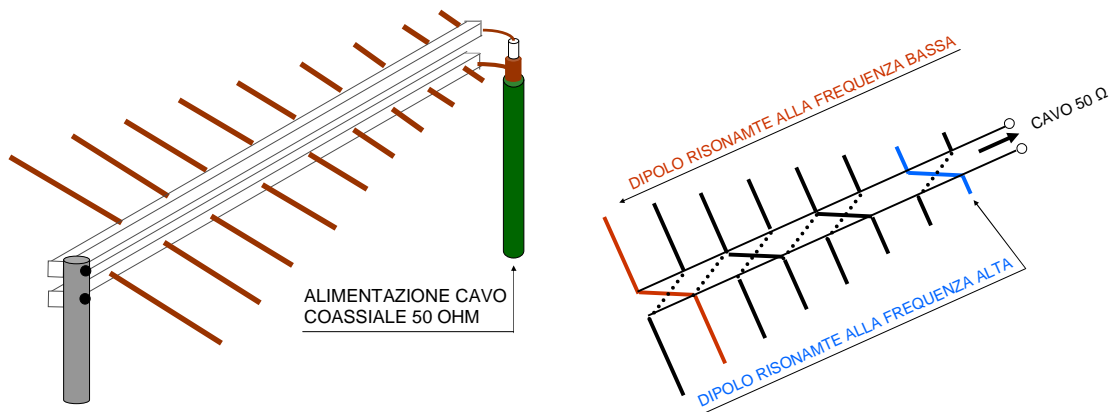


Fig. 156

ANTENNA A ELICA O ELICOIDALE

L'antenna ad elica, realizzata per la prima volta dal fisico americano Kraus nel 1946, presenta una struttura geometrica realizzata con un filo conduttore avvolto su una superficie cilindrica di materiale isolante o semplicemente avvolta in aria. Un importante vantaggio delle antenne ad elica è dovuto al fatto che è possibile con essa raggiungere condizioni di risonanza utili per un buon adattamento, con dimensioni d'antenna assai ridotte di $\lambda/2$, che costituisce la minima dimensione per un'antenna filiforme di tipo risonante. Infatti l'energia di tipo capacitivo che caratterizza le antenne filiformi corte può venire compensata dall'energia di tipo induttivo legata alla presenza delle spire. Questo vantaggio è mitigato dalla limitata larghezza di banda di frequenze a cui la risonanza si verifica. (fig. 157)

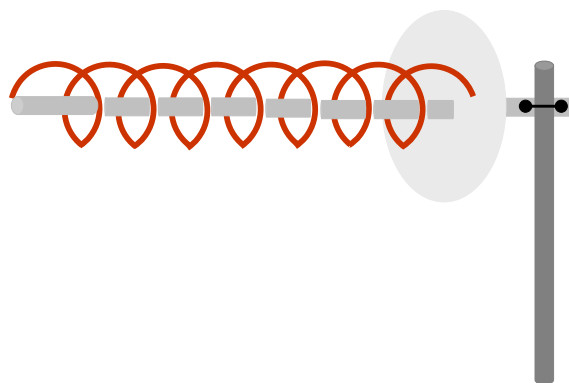


Fig. 157

LA PARABOLA

Altro tipo di antenna poco usata dai radioamatori, ma indispensabile per ricevere i segnali televisivi da satellite è la parabola; essa ha un elevato guadagno e lavorando su frequenze millimetriche è poco ingombrante. La fig.158 riporta lo schema della parabola.

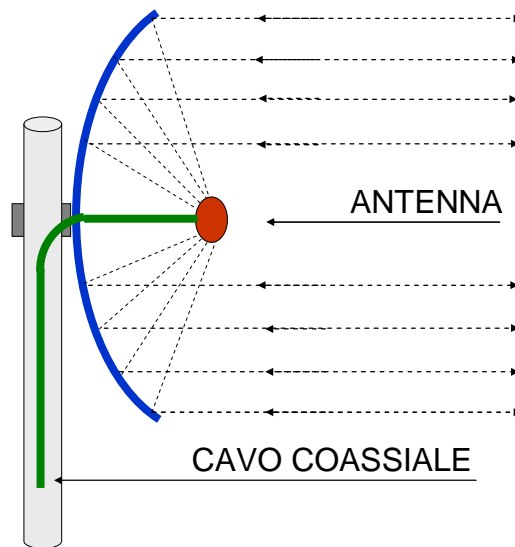


Fig. 158

ANTENNA LONG-WIRE"

La Long-Wire è l'antenna più economica e più facile da realizzare, e quanto più lunga è, meglio rende. È costituita da un lungo filo elettrico, il più possibile in relazione allo spazio di cui si dispone. Il cavo unipolare sez. 3 mm. per impianti elettrici va benissimo; termina da una parte con un isolatore che la tiene lontana da accidentali contatti con il suolo o con superfici metalliche e dall'altra con un trasformatore d'impedenza o balun, che svolge il compito di trasformare l'altissima impedenza di quest'antenna in un'impedenza che si avvicini il più possibile a quella che presenta il connettore d'antenna del ricetrasmittitore; l'uscita del balun va collegata al cavo coassiale a 50 Ohm. Gli SWL non avranno bisogno di altro, mentre per trasmettere, spesso il balun non è sufficiente a realizzare un perfetto accoppiamento tra antenna e TRX, per cui è opportuno utilizzare anche un accordatore d'antenna, meglio se a T-Match (o transmatch). La long-wire dovrebbe essere lunga almeno una lunghezza d'onda della frequenza più bassa su cui si vuole operare.

Ad esempio, se si desidera utilizzarla a partire dai 40 metri in su, il filo dovrà essere lungo 40 metri. (fig.159 e 160)

ANTENNA LONG-WIRE (LUNGO FILO)

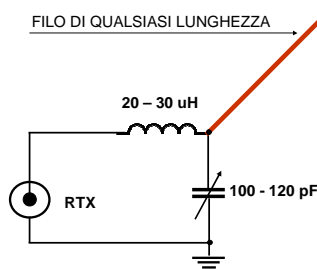


Fig. 159

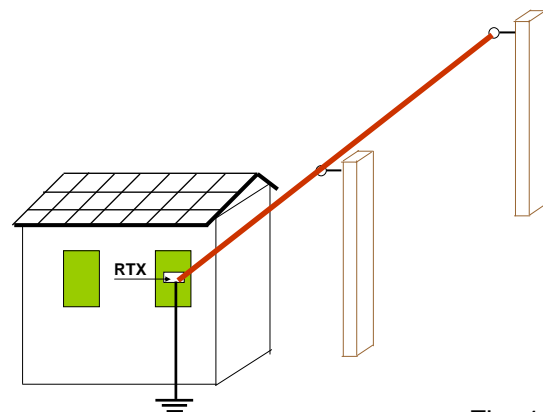


Fig. 160

ANTENNE AD ARRAY

Un array di antenne (chiamate anche antenna a schiera) è per definizione un insieme di antenne tutte identiche, disposte linearmente (su una linea) o planarmente (su un piano), equi-orientate, alimentate in generale con ampiezza e fase distinte per ogni elemento dell'array. Il vantaggio di usare una array di antenne sta nella possibilità di ottenere un diagramma di radiazione configurabile quasi a piacere, variando le ampiezze e le fasi delle singole antenne componenti. Inoltre è possibile progettare array per ottenere lobi principali e lobi nulli in posizioni desiderate. Esistono anche array programmabili, in grado cioè di modificare il loro diagramma di radiazione modificando l'alimentazione degli elementi che lo compongono. Il loro uso è particolarmente diffuso per le trasmissioni E.M.E. (Terra-Luna-Terra); allo scopo sono dotate di un rotore zenitale ed azimutale, ed il puntamento dell' antenna è pilotato da computer con programma specifico per questo tipo. In figura 161 sono disegnate quattro antenne ad elica; saranno collegate su un unico palo e collegate elettricamente fra di loro mediante un accoppiatore.

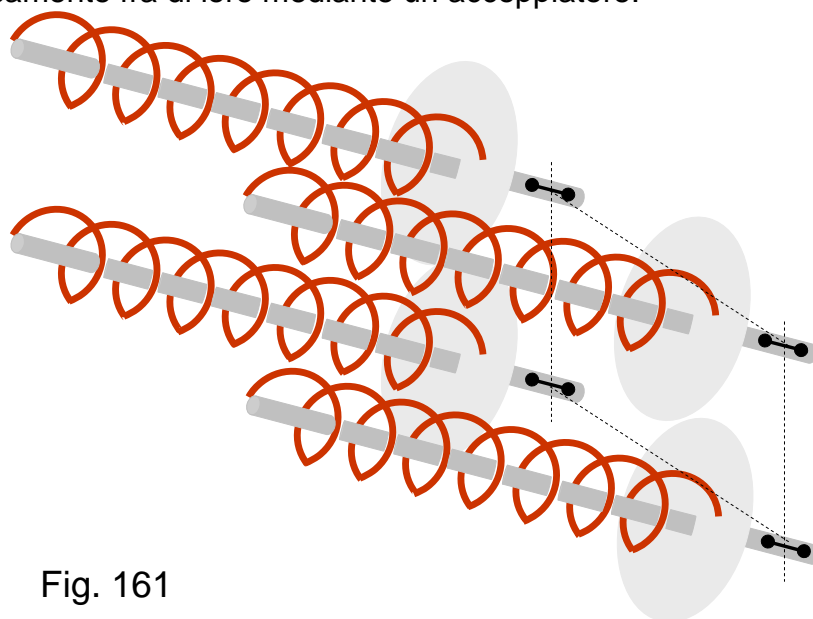


Fig. 161

COME VALUTARE LE PRESTAZIONI DELL'ANTENNA

I parametri principali che classificano un'antenna rispetto ad un'altra sono la copertura in frequenza (larghezza di banda), il guadagno, e nel caso dell'antenna direzionale, la direttività e il rapporto avanti-indietro.

Il guadagno dovrebbe essere costante in tutta la banda coperta, ma ciò è in pratica difficile che si verifichi. Il guadagno può essere espresso in due modi: riferito al "radiatore isotropico" (dBi), o riferito ad un dipolo semplice, il cui guadagno è di 2 dB rispetto al radiatore citato. In ogni caso il guadagno è legato anche alle dimensioni fisiche dell'antenna, che sono paragonabili alla lunghezza d'onda del segnale radio che si vuole ricevere. Un'antenna UHF permette anche la ricezione di segnali VHF, ma l'efficienza cala drasticamente con il diminuire della frequenza (la lunghezza d'onda aumenta).

La **direttività** è l'attitudine di un'antenna a ricevere il segnale da una particolare direzione, con una intensità superiore a quella che si ottiene nelle altre direzioni. Con un'elevata direttività si ottiene il vantaggio di attenuare riflessioni, disturbi o segnali indesiderati da altre direzioni. Il **rapporto avanti-indietro** è in pratica dato dalla differenza fra il guadagno del lobo anteriore e l'attenuazione del lobo posteriore, sempre indicato in dB. Se ad esempio un'antenna ha un guadagno di 6 dB e un rapporto A/I di 20 dB, significa che il lobo posteriore ha un'attenuazione di $20 - 6 = 14$ dB.

ERP (Effective Radiated Power)

La potenza effettiva irradiata è la potenza irradiata dall'antenna nella sua direzione centrale con riferimento al dipolo. Per poterla calcolare sono sufficienti pochi dati e una semplice formula: $ERP = P \cdot 10 \cdot \frac{G - p}{10} = \text{Watt}$

ERP la grandezza che stiamo calcolando, misurata in watt,

P la potenza in radio frequenza (RF) del trasmettitore,

G il guadagno dell'antenna in questione, espresso in dB e riferito al dipolo (dBd),

p le perdite in dB dovute alla linea ed a ciò che c'è tra trasmettitore ed antenna.

Il coefficiente che moltiplica *P* è calcolato semplicemente convertendo il valore in decibel del guadagno, nel corrispondente valore lineare.

Un'antenna che irradia uguale potenza in tutte le direzioni è detta **radiatore isotropico**; tale sistema esiste solo teoricamente. In realtà le antenne utilizzate si avvicinano ad avere questa caratteristica irradiando un campo la cui intensità varia con la direzione.

Si può allora definire la **Effective Isotropic Radiated Power (E.I.R.P.)**, ovvero la potenza effettiva irradiata riferita all'antenna isotropica, che tiene conto del semplice fatto che il **dipolo guadagna 2.14 dB** rispetto **all'antenna isotropica**, valore che vale però nella sola direzione di massima irradiazione.

POLARIZZAZIONE DELLE ANTENNE

Il dipolo e le antenne in genere, possono essere orientate orizzontalmente, verticalmente, oppure essere anche inclinate rispetto al terreno. L'orientamento determina la polarizzazione del campo elettromagnetico trasmesso. Si riceve il massimo segnale quando la polarizzazione dell'antenna ricevente è identica a quella dell'antenna trasmittente. Se la differenza tra le due polarizzazioni è di 90 gradi si ha la massima perdita, pari a circa 20 decibel (cioè il 99% del segnale potenziale).

La corretta polarizzazione è importante solo per le comunicazioni per onda di terra o riflessione lunare. La ionosfera modifica la polarizzazione dei segnali in modo casuale e dunque essa non è un fattore critico per le comunicazioni su onde corte (HF).

IRRADIAZIONE DEL CAMPO ELETROMAGNETICO

Come si vede in figura, l'antenna irradia un segnale che si divide in **elettrico** e **magnetico**, che prende il nome di **campo elettromagnetico**; i due campi risultano sfasati di 90° tra di loro. Sull'asse **Y** vi è il campo elettrico, sull'asse **Z** il campo magnetico.

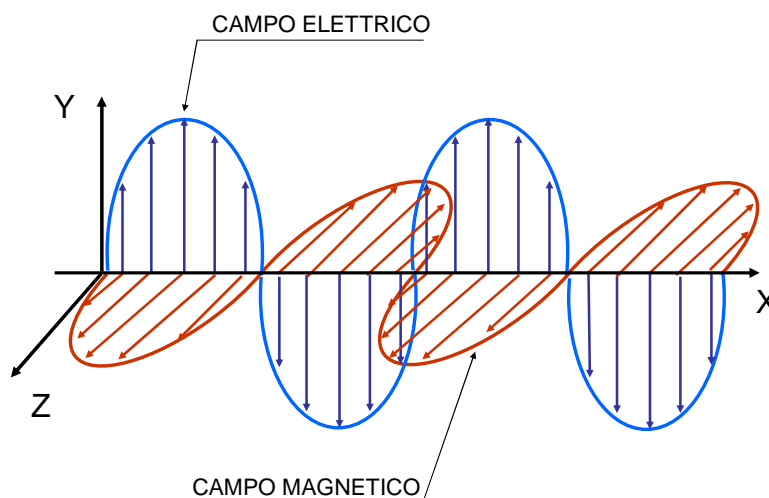


Fig-162

LINEE DI TRASMISSIONE

La funzione della linea di trasmissione, in campo radioamatoriale, è quella di trasportare l'energia generata dal trasmettere all'antenna e viceversa.

Esistono diversi tipi di linee di trasmissione in funzione delle caratteristiche fisiche, dell'impedenza, dell'attenuazione che aumenta con l'aumentare della frequenza e della potenza che devono trasportare. Per avere il massimo trasferimento di potenza, il trasmettitore, la linea di trasmissione e l'antenna devono avere la stessa impedenza; nel caso degli apparati radio amatoriali, è uguale a 50 Ohm.

LINEA BIFILARE

Linea d'alimentazione d'antenna costituita da due conduttori tenuti a distanza fissa. I due conduttori sono immersi ai bordi in un nastro di polietilene, largo circa 12 mm, e per questa ragione la linea bifilare è comunemente chiamata "piattina", fig.162 . L'impedenza tipica di una linea bifilare è 300 Ohm.

PIATTINA BIFILARE 300 Ω

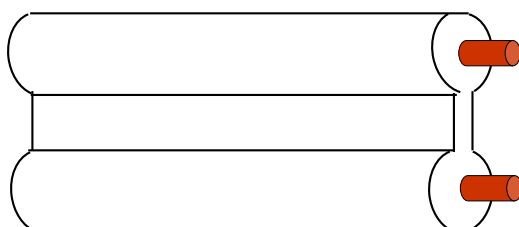


Fig. 162

I fili incrociati nella piattina, minimizzano le interferenze radio ed elettriche. Le tipiche impedenze caratteristiche dei cavi coassiali sono 50 ohm usati dagli OM e 75 ohm per i ricevitori televisivi. I cavi coassiali hanno una larghezza di banda maggiore e possono trasportare frequenze più alte rispetto ai conduttori bifilari. La frequenza massima di una piattina o doppino è 10 MHz e solo su brevi distanze, mentre il cavo coassiale (fig. 163) trasporta facilmente parecchie centinaia di megahertz per centinaia di metri.

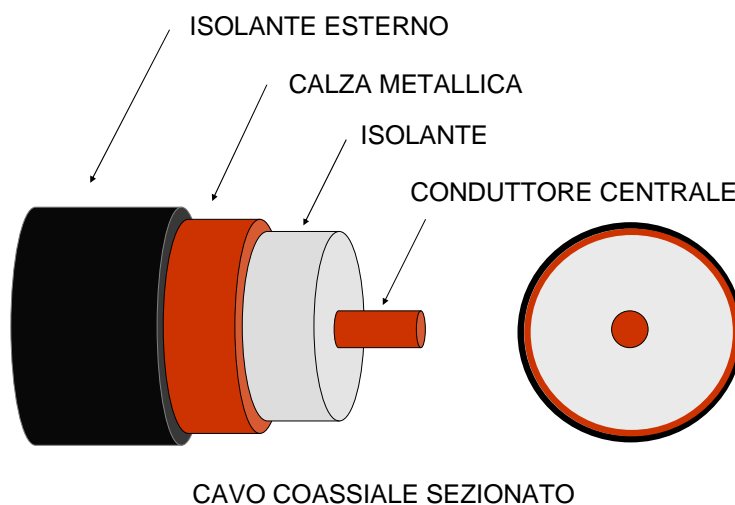


Fig. 163

CARATTERISTICHE DEI CAVI COASSIALI

IMPEDENZA CARATTERISTICA (Z_o)

Il valore di impedenza caratteristica, espressa in Ohm, indica l'opposizione complessiva al flusso degli elettroni offerta da una linea di trasmissione ed è definita dal rapporto tra la tensione V applicata e la corrente assorbita I , in un cavo coassiale di lunghezza infinita. È importante che tale parametro sia il più uniforme possibile; infatti, se la qualità del conduttore, la geometria del cavo e la uniformità del dielettrico non saranno costanti, si avranno delle riflessioni interne che causeranno distorsioni e perdite del segnale.

La formula dell'impedenza caratteristica è:
$$Z_o = \frac{V}{I}$$

ATTENUAZIONE

Per attenuazione si intende la diminuzione in ampiezza e la distorsione di un segnale lungo una linea di trasmissione (cavo coassiale). I due fattori principali che causano l'attenuazione sono:

- La perdita resistiva dei conduttori (dovuta all'effetto pellicolare in alta frequenza)
- La perdita nel dielettrico.

Essa si misura come rapporto tra la potenza d'ingresso (P_i) e la potenza di uscita (P_o) ed è espressa in dB/ unità di lunghezza; tale parametro aumenta all'aumentare della frequenza, oppure all'aumentare della lunghezza della linea di trasmissione.

$$-dB = 10 \log \frac{P_o}{P_i}$$

Formula per il calcolo dell'attenuazione del cavo coassiale:

CAPACITA'

La capacità di un cavo è la grandezza elettrica che indica la proprietà del dielettrico, esistente tra i due conduttori, di immagazzinare cariche elettriche, quando esiste tra i conduttori una differenza di potenziale. Essa è misurata in Farad (Unità di lunghezza) alla frequenza di 1 kHz. Tale grandezza è direttamente proporzionale alla costante dielettrica del materiale, quindi all'aumentare di quest'ultima aumenterà la capacità stessa; valori tipici sono: 54 pF/m per il PEE e 67 pF/m per il PE.

PPE - Polietilene espanso

PE - Polietilene compatto

SCHERMATURA

L'efficienza di schermatura è misurata in dB ed indica di quanti dB è attenuato il segnale interferente. Tale grandezza dipende dalle caratteristiche del conduttore esterno (schermo), il quale impedisce uno scambio di onde elettromagnetiche tra il conduttore interno del cavo e l'ambiente esterno e viceversa; in pratica impedisce al conduttore interno di comportarsi come un'antenna ricevente/trasmittente. Per migliorare l'efficienza di schermatura occorre aumentare la percentuale di copertura del conduttore esterno, rendendo la gabbia di Faraday più fitta. Per ottenere il 100% di copertura, s'introduce, oltre alla treccia, un nastro conduttore (alluminio oppure rame) avvolto sul dielettrico con tecnica a spirale oppure a cartina di sigaretta.

VELOCITA' DI PROPAGAZIONE

La velocità di propagazione è la velocità con cui un segnale elettrico viaggia su di una linea di trasmissione ed è definita come il rapporto, espresso in percentuale, tra la velocità di propagazione all'interno del cavo e la velocità nello spazio libero. Tale valore dipende, prevalentemente, dalla costante dielettrica dell'isolamento; in particolare, è circa l'85% per i cavi con dielettrico in PEE ed il 66% per quelli con dielettrico in PE. Esso è anche noto come coefficiente (o fattore) di riduzione.

POLIPROPILENE

Il polipropilene (PP) è impiegato per l'isolamento primario di cavi per telecomunicazioni. Grazie alla sua bassa costante dielettrica ($\epsilon_r = 2.3$), permette di realizzare cavi a bassa capacità, con velocità di trasmissione del segnale che può arrivare fino al 75-80% della velocità della luce (polipropilene cellulare). Inoltre la costante dielettrica e il fattore di perdita sono ampiamente indipendenti dalla temperatura e dalla frequenza. Rispetto al polietilene, il polipropilene è più rigido.

GUIDA D'ONDA

Si chiamano guide d'onda quei mezzi di trasmissione per microonde costituiti da tubi metallici a sezione principalmente rettangolare o, talora, circolare o ellittica, nei quali viaggiano onde elettromagnetiche.

Internamente sono lucidate e spesso argentate per migliorare la conduzione delle correnti che si muovono sulla superficie interna per effetto pelle.

Quando si svilupparono gli studi sul radar, dal 1935 in poi, si presentò il problema di trasmettere segnali di grande potenza a microonde e ci si rese conto che i cavi coassiali, di cui si disponeva allora, presentavano, alle frequenze di lavoro dei GHz, una attenuazione inaccettabile. In queste guide d'onda la propagazione del segnale avviene per successive riflessioni (linea blu), vedi figura 164.

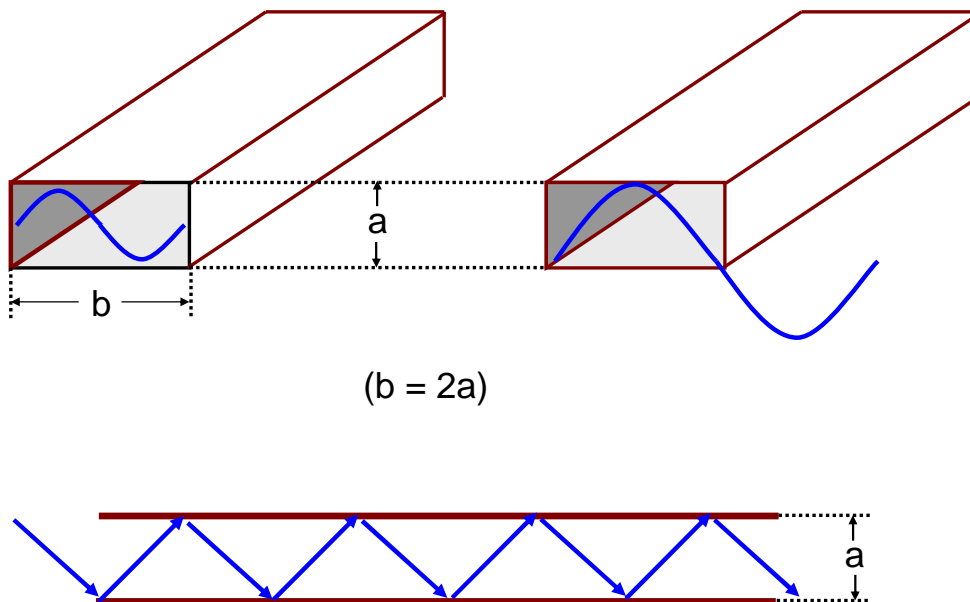


Fig.164

DECIBEL

Il decibel è molto usato nelle telecomunicazioni per indicare un guadagno o una perdita di tensione o potenza. L'unità di misura è il Bel (B), ma essendo un valore troppo elevato si usa preferibilmente il decibel, che ne è la decima parte: $dB = \frac{B}{10}$.

Il decibel è il rapporto tra la potenza di uscita P_2 e la potenza d'ingresso P_1 o tra una tensione d'uscita V_2 ed una tensione d'ingresso V_1 .

La formula per calcolare il rapporto tra potenze è la seguente: $dB = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1}$

mentre la formula per calcolare il rapporto fra le tensioni la formula è $dB = 20 \log_{10} \frac{V_2}{V_1}$.

Dalla formula si nota che il rapporto tra tensione e potenza è moltiplicato per il logaritmo a base 10; ciò permette di semplificare i calcoli, perché, come negli esponenziali, è sufficiente fare la somma algebrica dei valori.

La tabella rappresenta la conversione tra valore assoluto e il logaritmo.

Valore numerico	logaritmo
10	1
100	2
1.000	3
10.000	4
100.000	5

Nel caso in cui il valore in ingresso sia maggiore di quello in uscita avremo un'attenuazione ed il decibel sarà preceduto dal segno meno (-dB).

La formula del guadagno in numero di volte è la seguente: $G = \frac{V_2}{V_1}$ oppure $G = \frac{P_2}{P_1}$


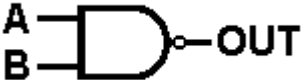




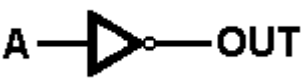
Ad esempio, $G = \frac{1000}{10} = 100$ volte, che corrisponde a 40dB in tensione e 20dB in potenza.

Guadagno	Tensione	Potenza
2 : 1	6dB	3dB
10 : 1	20dB	10dB
100 : 1	40dB	20dB
1.000 : 1	60dB	30dB
10.000 : 1	80dB	40dB
100.000 : 1	100dB	50dB
1 : 2	-6dB	-3dB
1 : 10	-20dB	-10dB
1 : 100	-40dB	-20dB
1 : 1.000	-60dB	-30dB
1 : 10.000	-80dB	-40dB
1 : 100.000	-100dB	-50dB

PORTE LOGICHE

Le **porte logiche** sono dei semplici circuiti elettronici che possono venire considerati come dei blocchi attraverso i quali poter svolgere delle operazioni logiche. Tali operazioni devono sottostare alla cosiddetta algebra binaria o Booleana: essa si basa su VERO o FALSO (TRUE or FALSE, in inglese) che, in elettronica, corrispondono a "passaggio" o "non passaggio" di corrente elettrica e quindi ai cosiddetti "LIVELLI LOGICI": "0" e "1".

PORTE LOGICHE E TABELLA DELLA VERITA'

Porta logica	simbolo	Ingresso A	Ingresso B	Uscita OUT
AND		0	0	0
		0	1	0
		1	0	0
		1	1	1
NAND		0	0	1
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	0
OR		0	0	0
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	1
NOR		0	0	1
		0	1	0
		1	0	0
		1	1	0
XOR		0	0	0
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	0
XNOR		0	0	1
		0	1	0
		1	0	0
		1	1	1
NOT		0		0
		1		1

SINTESI FORMULE

RESISTENZA

Resistenza : $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$ $ohm = resistività \cdot \frac{metri}{mm^2}$ Resistività (ρ) di alcuni metalli:

Argento 0,0159 - Rame crudo 0,0178 - Oro 0,0244 - Alluminio 0,0282

Conduttanza $G = \frac{1}{R} =$ Siemens

Calcolo **serie** $R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_n$ **parallelo** $R_p = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_n}}$

Calcolo semplificato per **due** resistori in **parallelo** $\frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$

BOBINE – INDUTTORI - INDUTTANZE

Unità di misura dell'induttanza **Henry (H)** $henry = \frac{weber}{ampere}$ $H = \frac{\phi}{I}$

Reattanza induttiva è : $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$ oppure $X_L = \omega \cdot L$

X_L = reattanza induttiva Ohm f = frequenza Hertz (Hz) L = Induttanza Henry (H)

Calcolo **serie** $L_s = L_1 + L_2 + L_3 + L_n$ **parallelo** $L_p = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_n}}$

Calcolo semplificato per **due** induttanze in **parallelo** $\frac{L_1 \times L_2}{L_1 + L_2}$

Fattore di merito o di qualità : $Q = \frac{X_L}{R_s} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}{R_s}$ (R_s resistenza della bobina)

CONDENSATORI

Carica elettrica = Coulomb $C = A \cdot s$ 1 Coulomb = 1 Ampere per 1 secondo

Capacità del condensatore: $C = \epsilon_r \cdot \frac{S}{d}$ C = capacità in Farad (F) S = superficie

delle due armature in m^2 d = distanza tra le armature in m ϵ_r = costante dielettrica è un numero puro

Reattanza capacitiva: $X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$ oppure $X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} =$ ohm

X_c = reattanza capacitiva (Ohm) f = frequenza (Hertz) C = capacità (Farad)

Calcolo **parallelo** $C_p = C_1 + C_2 + C_3 + C_n$ **serie** $C_s = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_n}}$

Calcolo semplificato per **due** condensatori in **serie** $\frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$

Impedenza $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}$ **Ammetenza** . $Y = \frac{1}{Z} =$ Siemens (S)

FREQUENZA DI RISONANZA

La **risonanza** si à quando : $X_L = X_c$ sostituendo: $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} =$ Hertz

LUNGHEZZA D'ONDA $\lambda = \frac{C}{f} = \text{metri}$ $\lambda = \frac{300 \cdot 10^6}{\text{Herz}}$ oppure $\lambda = \frac{300}{f \cdot \text{Mhz}} = \text{metri}$

GUADAGNO TRANSISTOR BJT : $hFE = \frac{I_C}{I_B}$ oppure $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

$\beta = \text{beta}$ $I_C = \text{Corrente di Collettore}$ $I_B = \text{Corrente di Base}$

DECIBEL

Rapporto fra **tensioni** $dB = 20 \log \frac{V_2}{V_1}$ $\text{decibel} = 20 \cdot \log_{10} \cdot \frac{\text{tensione.uscita}}{\text{tensione.entrata}}$

Rapporto fra **potenze** $dB = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$ $\text{decibel} = 10 \cdot \log_{10} \cdot \frac{\text{potenza.uscita}}{\text{potenza.entrata}}$

TRASFORMATORI $\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$ $N_2 : N_1 = V_2 : V_1$

LEGGE DI OHM $R = \frac{V}{I}$ $\text{ohm} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ampère}}$

Intensità di corrente si misura in ampère ed è quantità di carica elettrica (Q = coulomb) che scorre in un conduttore nell'unità di tempo (s = secondo) $I = \frac{Q}{s}$ $\text{ampere} = \frac{\text{coulomb}}{\text{secondo}}$

POTENZA

Potenza Corrente Continua (c.c.) $P = V \cdot I$ oppure $P = \frac{V^2}{R}$ oppure $P = I^2 \cdot R$ Watt

Potenza Corrente Alternata (c.a.) $P = V \cdot I \cos \varphi$ è angolo di sfasamento tra la tensione **V** e la corrente **I**

Nei trasformatori la potenza è espressa in VA (**Volt-Ampère**)

Sistema **MKSA** Metro **K**ilometro **S**econdo **A**mpere

Tabella dei multipli

simbolo con la lettera maiuscola sottomultipli simbolo con la lettera minuscola

Fattore di moltiplicazione	Nome del prefisso	Simbolo del prefisso	Fattore di Divisione	Nome del prefisso	Simbolo del prefisso
10^{12}	tera	T	10^{-1}	deci	d
10^9	giga	G	10^{-3}	milli	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^3	kilo	K	10^{-9}	nano	n
		d	10^{-12}	pico	p
	milli	m			

Tabella di alcune unità di misura secondo il **Sistema Internazionale (SI)**
 Con multipli e sottomultipli maggiormente usati in elettronica e telecomunicazioni.

Grandezza	Nome	Simbolo	MULTIPLI			SOTTOMULTIPLI			
			10^3	10^6	10^9	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-1}
Forza	newton	N							
Pressione	pascal	Pa							
Lavoro Energia Quantità di calore	joule	J							
Potenza	Watt	W				mW	μ W		
Carica (elettrica)	Coulomb	C							
Potenziale elettrico Differenza di potenziale elettrico Tensione elettrica Forza elettromotrice	Volt	V				mV	μ V		
Capacità (elettrica)	Farad	F				mF	μ F	nF	pF
Resistenza (elettrica)	Ohm	Ω	K Ω	M Ω					
Conduttanza (elettrica) Ammettenza (elettrica)	Siemens	S							
Flusso di induzione magnetica Flusso magnetico	Weber	Wb							
Induzione Magnetica	Tesla	T							
Induzione magnetica ($T \cdot 10^{-4}$)	Gauss	Gs							
Induttanza propria Induttanza mutua	henry	H				mH	μ H		
Corrente elettrica	Ampere	A				mA	μ A		
Tempo	Secondo	s							
Frequenza	Hertz	Hz	KHz	MHz	GHz				

LE PAGINE CHE SEGUONO, TRATTANO LA NORMATIVA E LE LEGGI CHE REGOLANO L'ATTIVITÀ DI RADIOAMATORE

PROGRAMMA DI ESAME PER IL CONSEGUIMENTO DELLA PATENTE DI RADIOAMATORE

(Allegato 26 sub allegato D del Codice delle Comunicazioni)

PARTE I

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
- Corrente, tensione e resistenza
- Le unità di misura: ampere, volt e ohm
- La legge di Ohm
- Le leggi di Kirchhoff
- La potenza elettrica
- L'unità di misura: il watt
- L'energia elettrica
- La capacità di una batteria

1.2. - I generatori elettrici

- Generatore di tensione, forza elettromotrice (f.e.m.), corrente di corto circuito, resistenza interna e tensione di uscita
- Connessione di generatori di tensione in serie ed in parallelo

1.3. - Campo elettrico

- Intensità di campo elettrico
- L'unità di misura: volt/metro
- Schermatura contro i campi elettrici

1.4. - Campo magnetico

- Campo magnetico attorno ad un conduttore
- Schermatura contro i campi magnetici

1.5. - Campo elettromagnetico

- Le onde radio come onde elettromagnetiche
- Velocità di propagazione e relazione con la frequenza e la lunghezza d'onda
- Polarizzazione

1.6. - Segnali sinusoidali

- La rappresentazione grafica in funzione del tempo
- Valore istantaneo, valore efficace e valore medio

- Periodo
- Frequenza
- L'unità di misura: hertz
- Differenza di fase

1.7. - Segnali non sinusoidali

- Segnali di bassa frequenza
- Segnali audio
- Segnali rettangolari
- La rappresentazione grafica in funzione del tempo
- Componente di tensione continua, componente della frequenza fondamentale e armoniche

1.8. - Segnali modulati

- Modulazione di ampiezza
- Modulazione di ampiezza a banda laterale unica
- Modulazione di fase, modulazione di frequenza
- Deviazione di frequenza e indice di modulazione
- Portante, bande laterali e larghezza di banda
- 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)
- Rapporti di potenza ingresso/uscita in dB di amplificatori collegati in serie e/o attenuatori
- Adattamento (massimo trasferimento di potenza)
- relazione tra potenza d'ingresso e potenza di uscita e rendimento
- Potenza di cresta della portante modulati

2.- COMPONENTI

2.1.- Resistore

- Resistenza
- L'unità di misura: l'ohm
- Caratteristiche corrente/tensione
- Potenza dissipata
- Coefficiente di temperatura positivo e negativo

2.2.- Condensatore

- Capacità
- L'unità di misura: il farad
- La relazione tra capacità, dimensioni e dielettrico (limitatamente agli aspetti qualitativi)
- La reattanza
- Sfasamento tra tensione e corrente
- Caratteristiche dei condensatori fissi e variabili: in aria, a mica, in plastica,

- ceramici ed elettrolitici
- Coefficiente di temperatura
- Corrente di fuga

2.3.- Induttori

- Bobine d'induzione
- L'unità di misura: l'henry
- L'effetto sull'induttanza del numero di spire, del diametro, della lunghezza e della composizione del nucleo (limitatamente agli aspetti qualitativi)
- La reattanza
- Sfasamento tra tensione e corrente
- Fattore di merito
- Effetto pelle
- Perdite nei materiali del nucleo

2.4.- Applicazione ed utilizzazione dei trasformatori

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

2.5.- Diodo

- Utilizzazione ed applicazione dei diodi
- Diodi di raddrizzamento, diodi Zener, diodi LED, diodi a tensione variabile e a capacità variabile (VARICAP)
- Tensione inversa, corrente, potenza e temperatura

2.6.- Transistor

- Transistor PNP e NPN
- Fattore di amplificazione
- Transistor a effetto di campo
- I principali parametri del transistor ad effetto di campo
- Il transistor nel circuito:
- a emettitore comune
- a base comune
- a collettore comune
- Le impedenze d'ingresso e di uscita nei suddetti circuiti
- I metodi di polarizzazione

2.7.- Varie

- Dispositivo termoionico semplice (valvola)
- Circuiti numerici semplici

3.- CIRCUITI

3.1.- Combinazione dei componenti

- Circuiti in serie e in parallelo di resistori, bobine, condensatori, trasformatori e diodi
- Corrente e tensione nei circuiti
- Impedenza

3.2.- Filtri

- Filtri serie e parallelo
- Impedenze
- Frequenze caratteristiche
- Frequenza di risonanza
- Fattore di qualità di un circuito accordato
- Larghezza di banda
- Filtro passa banda
- Filtri passa basso, passa alto, passa banda e arresta banda composti da elementi passivi
- Risposta in frequenza
- Filtri a L e a T
- Cristallo a quarzo

3.3.- Alimentazione

- Circuiti di raddrizzamento a semionda e ad onda intera, raddrizzatori a ponte
- Circuiti di filtraggio
- Circuiti di stabilizzazione nell'alimentazione a bassa tensione

3.4.- Amplificatori

- Amplificatori a bassa frequenza e ad alta frequenza
- Fattore di amplificazione
- Caratteristica ampiezza/frequenza e larghezza di banda
- Classi di amplificatori A, A/B, B e C
- Armoniche (distorsioni non desiderate)

3.5.- Rivelatori

- Rivelatori di modulazione di ampiezza
- Rivelatori a diodi
- Rivelatori a prodotto
- Rivelatori di modulatori di frequenza
- Rivelatori a pendenza
- Discriminatore Foster-Seeley
- Rivelatori per la telegrafia e per la banda laterale unica

3.6.- Oscillatori

- Fattori che influiscono sulla frequenza e le condizioni di stabilità necessarie per l'oscillazione
 - Oscillatore LC
 - Oscillatore a quarzo, oscillatore su frequenze armoniche
- #### **3.7.- Circuiti ad aggancio di fase (PLL - Phase Lock Loop)**
- Circuiti a PLL con circuito comparatore di fase

4.- RICEVITORI

4.1.- Tipi di ricevitore

- Ricevitore a supereterodina semplice e doppia

4.2.- Schemi a blocchi

- Ricevitore CW (A1A)
- Ricevitore AM (A3E)
- Ricevitore SSB per telefonia con portante soppressa (J3E)
- Ricevitore FM (F3E)

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

- Amplificatori in alta frequenza
- Oscillatore fisso e variabile
- Miselatore (Mixer)
- Amplificatore a frequenza intermedia
- Limitatore
- Rivelatore
- Oscillatore di battimento
- Calibratore a quarzo
- Amplificatore di bassa frequenza
- Controllo automatico di guadagno
- Misuratore di livello di segnale in ingresso (S-meter)
- Silenziatore (squelch)

4.4.- Caratteristiche dei ricevitori (in forma descrittiva)

- Protezione da canale adiacente
- Selettività
- Sensibilità
- Stabilità
- Frequenza immagine
- Intermodulazione; trans modulazione

5.- TRASMETTITORI

5.1.- Tipi di trasmettitori

- Trasmettitori con o senza commutazione di frequenza
- Moltiplicazione di frequenza

5.2.- Schemi a blocchi

- Trasmettitori telegrafici in CW (A1A)
- Trasmettitori in banda laterale unica (SSB) a portante soppressa (J3E)
- Trasmettitori in modulazione di frequenza (F3E)

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

- Miselatore (Mixer)

- Oscillatore
- Eccitatore (buffer, driver)
- Moltiplicatore di frequenza
- Amplificatore di potenza
- Filtro di uscita (filtro a ??)
- Modulatore di frequenza
- Modulatore SSB
- Modulatore di fase
- Filtro a quarzo

5.4.- Caratteristiche dei trasmettitori (in forma descrittiva)

- Stabilità di frequenza
- Larghezza di banda in alta frequenza
- Bande laterali
- Banda di frequenze audio
- Non linearità
- Impedenza di uscita
- Potenza di uscita
- Rendimento
- Deviazione di frequenza
- Indice di modulazione
- Clicks di manipolazione CW
- Irradiazioni parassite
- Irradiazioni della struttura (cabinet radiations)

6.- ANTENNE E LINEE DI TRASMISSIONE

6.1.- Tipi di antenne

- Dipolo a mezzonda alimentato al centro
- Dipolo a mezzonda alimentato all'estremità
- Dipolo ripiegato
- Antenna verticale in quarto d'onda
- Antenne con riflettore e/o direttore (Yagi)
- Antenne paraboliche
- Dipolo accordato

6.2.- Caratteristiche delle antenne

- Distribuzione della corrente e della tensione lungo l'antenna
- Impedenza nel punto di alimentazione
- Impedenza capacitiva o induttiva di un'antenna non accordata
- Polarizzazione
- Guadagno d'antenna
- Potenza equivalente irradiata (e.r.p.)
- Rapporto avanti-dietro
- Diagrammi d'irradiazione nei piani orizzontale e verticale

6.3.- Linee di trasmissione

- Linea bifilare
- Cavo coassiale

- Guida d'onda
- Impedenza caratteristica
- Velocità di propagazione
- Rapporto di onda stazionaria
- Perdite
- Bilanciatore (balun)
- Linea in quarto d'onda (impedenza)
- Trasformatore di linea
- Linee aperte e chiuse come circuiti accordati
- Sistemi di accordo d'antenna

7.- PROPAGAZIONE

- Strati ionosferici
- Frequenza critica
- Massima frequenza utilizzabile (MUF)
- Influenza del sole sulla ionosfera
- Onda di suolo, onda spaziale, angolo di irradiazione, riflessioni
- Affievolimenti (fading)
- Troposfera
- Influenza dell'altezza delle antenne sulla distanza che puo' essere coperta (orizzonte radioelettrico)
- Inversione di temperatura
- Riflessione sporadica sullo strato E
- Riflessione aurorale

8.- MISURE

8.1.- Principi sulle misure

Misure di:

- Tensioni e correnti continue ed alternate
- Errori di misura
- Influenza della frequenza
- Influenza della forma d'onda
- Influenza della resistenza interna degli apparecchi di misura - Resistenza
- Potenza in continua e in alta frequenza (potenza media e di cresta)
- Rapporto di onda stazionaria
- Forma d'onda dell'involuppo di un segnale in alta frequenza
- Frequenza
- Frequenza di risonanza

8.2.- Strumenti di misura

Pratica delle operazioni di misura:

- Apparecchi di misura a bobina mobile
- Apparecchi di misura multigamma
- Riflettometri a ponte
- Contatori di frequenza
- Frequenzimetro ad assorbimento
- Ondametro ad assorbimento
- Oscilloscopio

9.- DISTURBI E PROTEZIONE

9.1.- Disturbi degli apparecchi elettronici

- Bloccaggio
- Disturbi con il segnale desiderato
- Intermodulazione
- Rivelazione nei circuiti audio

9.2.- Cause dei disturbi degli apparecchi elettronici

- Intensità di campo del trasmettitore
- Irradiazioni non essenziali del trasmettitore (irradiazioni parassite, armoniche)
- Effetti non desiderati sull'apparecchiatura
- all'ingresso d'antenna
- su altre linee di connessione
- per irraggiamento diretto

9.3.- Protezione contro i disturbi

- Misure per prevenire ed eliminare i disturbi
- Filtraggio
 - Disaccoppiamento
 - Schermatura

10.- PROTEZIONE ELETTRICA

- Il corpo umano
- Sistemi di alimentazione
- Alte tensioni
- Fulmini

B.- REGOLE E PROCEDURE D'ESERCIZIO NAZIONALI ED INTERNAZIONALI

1) ALFABETO FONETICO

A = Alfa	J = Juliet	S = Sierra
B = Bravo	K = Kilo	T = Tango
C = Charlie	L = Lima	U = Uniform
D = Delta	M = Mike	V = Victor
E = Echo	O = Oscar	W = Whiskey
F = Foxtrot	P = Papa	X = X-Ray
G = Golf	Q = Quebec	Y = Yankee
H = Hotel	P = Papa	Z = Zulu

I = India	R = Romeo	
-----------	-----------	--

2) CODICE Q

Codice	Domanda	Risposta
QRK	Qual è intelligibilità del mio segnale	L'intelligibilità del vostro segnale è
QRM	Siete disturbati	Sono disturbato
QRN	Siete disturbati da rumori atmosferici	Sono disturbati da rumori atmosferici
QRO	Devo aumentare la potenza di trasmissione	Diminuite la potenza di trasmissione
QRP	Devo diminuire la potenza di trasmissione	Diminuite la potenza di trasmissione
QRS	Devo trasmettere più lentamente	Trasmettete più lentamente
QRT	Devo cessare la Trasmissione	Cessate la trasmissione
QRZ	Da chi sono chiamato	Chi mi chiama
QRV	Siete Pronto	Sono pronto
QSB	La forza del mio segnale è variabile	La forza del mio segnale è variabile
QSL	Potete darmi accusa di ricezione	Do accusa di ricezione
QSO	Potete comunicare direttamente con:	Posso comunicare direttamente con
QSY	Devo cambiare frequenza di trasmissione	Trasmettete su di un'altra frequenza KHz o MHz
QRX	Quando mi chiamerete	Vi chiamerò alla ore
QTH	Qual' è la vostra posizione in latitudine e longitudine	La mia posizione è : latitudine longitudine

3) ABBREVIAZIONI OPERATIVE UTILIZZATE NEL SERVIZIO DI RADIOAMATORE

AR	Fine della trasmissione
BK	Segnale utilizzato per interrompere una trasmissione in atto (breack)
CQ	Chiamata a tutte le stazioni
CW	Onda continua - Telegrafia
K	Invito a trasmettere
MSG	Messaggio
PSE	Per favore
RST	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
- Bande di frequenze attribuite al servizio di radioamatore per le catastrofi naturali

5.- INDICATIVI DI CHIAMATA

- Identificazione delle stazioni di radioamatore
- Utilizzazione degli indicativi di chiamata
- Composizione dell'indicativo di chiamata
- Prefissi nazionali

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
- Definizione della stazione di radioamatore
- Articolo S25 del Regolamento delle Radiocomunicazioni
- Bande di frequenze del servizio di radioamatore e relativi statuti
- Regioni radio dell'UIT

2.- REGOLAMENTAZIONE DELLA CEPT

- Raccomandazione TR 61 -02
- Raccomandazione TR 61-01
- Utilizzazione temporanea delle stazioni di radioamatore nei Paesi CEPT
- Utilizzazione temporanea delle stazioni di radioamatore nei Paesi non membri della CEPT che partecipano al sistema della Raccomandazione T/R 61-01

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

- obiettivi
- dati da registrare

CLASSIFICAZIONE DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE

N° di banda	SIMBOLO	Gamma di Frequenza	Lunghezza D'onda	Definizione
4	VLF Very Low Frequencies	3 KHz 30 KHz	100 Km 10 Km	Miriametriche
5	LF Low Frequencies	30 KHz 300 KHz	10 Km 1 Km	Chilometriche
6	MF Medium Frequencies	300 KHz 3000 KHz	1 Km 0,1 Km	Ettometriche
7	HF High Frequencies	3 MHz 30 MHz	100 m 10 m	Decametriche
8	VHF Very High Frequencies	30 MHz 300 MHz	10 m 1m	Metriche
9	UHF Ultra High Frequencies	300 MHz 3000 MHz	100 cm 10cm	Decimetriche
10	SHF Super High Frequencies	3 GHz 30 GHz	10 cm 1cm	Centimetriche
11	EHF Extra High Frequencies	30 GHz 300 GHz	10 mm 1mm	Millimetriche
12	Microonde	300 GHz 3000 GHz	1 mm 0,1mm	Decimillimetriche

RAPPORTO RST

Il sistema RST, (**R**aeadability **S**trengh **T**one) è usato dal 1934, come standard internazionale per determinare, la comprensibilità (R), l'intensità del segnale (S) e solo per la telegrafia la qualità della nota (T) Il rapporto RST è riportato anche sulle cartoline di scambio (QSL).

R - comprensibilità	S - intensità	T - Nota
1) Incomprensibile	1) Segnali appena percettibili	1) Nota estremamente ronzante e gorgogliante
2) Appena comprensibile si distingue solo qualche parola ogni tanto	2) Segnali molto deboli	2) Nota assai ronzante di AC (corrente alternata) senza traccia di musicalità
3) Comprensibile con considerevole difficoltà	3) Segnali deboli	3) Nota ronzante AC di tono basso, leggermente musicale
4) Comprensibile senza sostanzialmente difficoltà	4) Segnali discreti	4) Nota piuttosto ronzante di AC, discretamente musicale
5) perfettamente comprensibile	5) Segnali discretamente buoni	5) Nota modulata, musicale
	6) Segnali Buoni	6) Nota modulata, leggera traccia di fischio
	7) Segnali moderatamente forti	7) Nota quasi DC (corrente continua), leggero ronzio
	8) Segnali forti	8) Nota Buona nota DC, appena traccia di ronzio

	9) segnali fortissimi	9) Nota Nota purissima di DC
--	------------------------	-------------------------------

CLASSI DI EMISSIONE

La classe di emissione è l'insieme delle caratteristiche di una emissione (tipo di modulazione della portante, natura del segnale modulante, genere di informazione da trasmettere ecc.). Ogni classe è designata da tre simboli fondamentali:

Primo simbolo (carattere alfabetico)

indica il tipo di modulazione della portante principale

A	Doppia banda laterale (DSB)
H	Banda laterale unica con portante soppressa (SSB)
J	Banda laterale unica con portante soppressa
F	Modulazione di frequenza (FM)

Secondo simbolo (numero)

indica la natura del segnale (o dei segnali) modulante la portante principale

0	Assenza di segnale modulante
1	Un solo canale contenente l'informazione qualificata, senza l'impiego di una sottoportante modulante
2	Un solo canale contenente l'informazione qualificata, con l'impiego di una sottoportante modulante
3	Un solo canale contenente l'informazione analogica

Terzo simbolo (carattere alfabetico)

indica il tipo d'informazione da trasmettere.

A	Telegrafia per ricezione auditiva
D	Trasmissione dati, telemisura, telecomando
E	Telefonia ivi compresa radiodiffusione

Classi più usate dai radioamatori

A1A	Telegrafia on-off senza modulazione (CW, Morse)
A3E	Fonia in modulazione d'ampiezza, doppia banda laterale (AM, Broadcast)
F2D	Trasmissione dati in modulazione di frequenza, con sottoportante modulante (Racket Radio)
F3E	Fonia in modulazione di frequenza (portatili e veicolari VHF e UHF)
J3E	Fonia in modulazione d'ampiezza, banda laterale singola, portante soppressa (SSB)

La classe di emissione deve essere trascritta, assieme alle altre informazioni, come il rapporto RST, descritto nella tabella seguente, sul registro di stazione detto anche **log di stazione**.

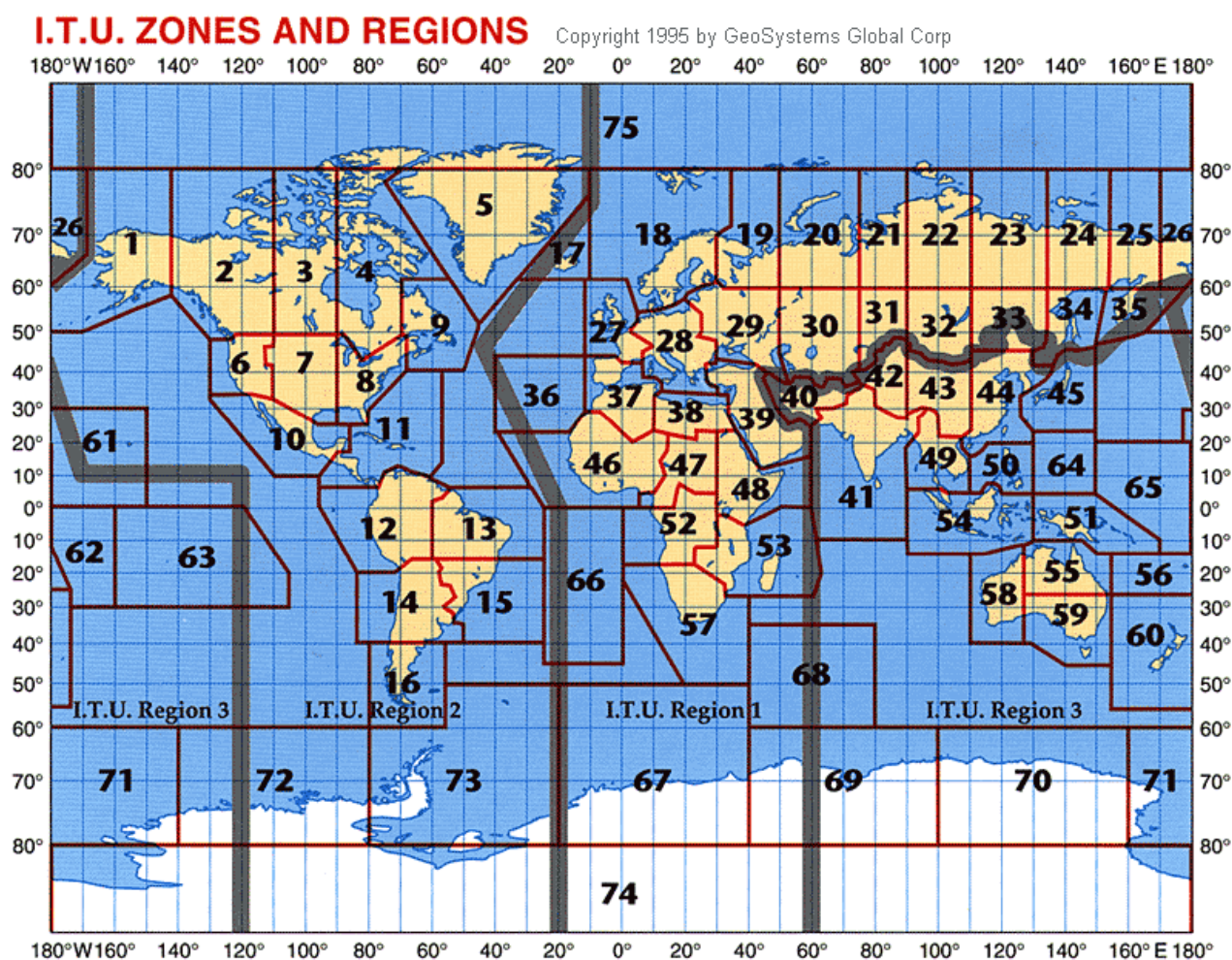
QTH LOCATOR

IL mondo radioamatoriale per comodità è stato diviso in quadrati che sostituiscono le coordinate è formato da sei caratteri es. JN55CM le prime due lettere

Per individuare il vostro QTH locator andate al sito:

<http://f6fvy.free.fr/qthLocator/>

MAPPA DELLA SUDDIVISIONE DEL MONDO RADIOAMATORIALE IN REGIONI



DECRETO ATTUATIVO PER L'ATTIVITÀ RADIOAMATORIALE

Decreto ministeriale 11 febbraio 2003

Il Ministro delle Comunicazioni

Visto il decreto del Presidente della Repubblica 5 agosto 1966, n.1214, recante norme sulle concessioni di impianto ed esercizio di stazioni di radioamatori;

Visto il testo unico delle disposizioni legislative in materia postale, di bancoposta e delle telecomunicazioni, approvato con decreto del Presidente della Repubblica 29 marzo 1973, n.156, e successive modificazioni e integrazioni;

Visto il regolamento delle radio-comunicazioni, che integra la costituzione e la convenzione dell'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni (UIT), adottate a Kyoto il 14 ottobre 1994, ratificate con legge 26 gennaio 1999, n.25;

Vista la raccomandazione CEPT TR61-02 riguardante l'adeguamento delle prove d'esami per il conseguimento della patente radioamatoriale armonizzata "HAREC";

Visto il decreto del Ministro delle poste e delle telecomunicazioni 1 dicembre 1990, pubblicato nella Gazzetta ufficiale n. 5 del 7 gennaio 1991, recante "Riconoscimento della licenza di radioamatore CEPT";

Visto il decreto del Presidente della Repubblica del 27 gennaio 2000 n.64. "Regolamento recante norme per il recepimento di decisioni della conferenza europea delle poste e delle telecomunicazioni (CEPT) in materia di libera circolazione delle apparecchiature radio";

Visto il decreto legislativo 9 maggio 2001, n. 269 recante "attuazione della direttiva 1999/5/CE riguardante le apparecchiature radio, le apparecchiature terminali di radiocomunicazione ed il reciproco riconoscimento della loro conformità.";

Visto il decreto del Ministro delle comunicazioni 8 luglio 2002 pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta ufficiale n. 169 del 20 luglio 2002 che ha approvato il piano nazionale di ripartizione delle frequenze;

Visto il decreto-legge 12 giugno 2001, n. 217, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 2001, n. 317 recante modificazioni al decreto legislativo 30 luglio 1999, n.300 nonché alla legge 23 agosto 1988, n.400 in materia di organizzazione del Governo;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2001, n. 447 "Regolamento recante disposizioni in materia di licenze individuali e di autorizzazioni generali per i servizi di telecomunicazione ad uso privato" ed, in particolare, l'articolo 20;

Considerato che occorre istituire nuove patenti radioamatoriali mediante il recepimento della raccomandazione CEPT TR61-02 allo scopo di adeguare la normativa di settore a quella in vigore nei Paesi membri della CEPT o non membri che attuano la medesima raccomandazione;

Ritenuto necessario dare attuazione alla disciplina radioamatoriale recata nel citato DPR 5 ottobre 2001, n. 447, con le norme di carattere tecnico contenute nel presente provvedimento.

Visto il parere del Consiglio superiore tecnico delle poste e delle telecomunicazioni espresso nell'adunanza n. 180 del 29 gennaio 2003.

A seguito dell'entrata in vigore del Decreto 21 Luglio 2005 che ha recepito la raccomandazione CEPT TR 61-02 le patenti di operatore di stazione di radioamatore di classe A e B (di cui allegato 26 al decreto legislativo 1° agosto 2003, n. 259, recante il "Codice delle comunicazioni elettroniche") sono state unificate nell'unica patente di classe A.

Per il conseguimento della patente classe A (ex ordinaria) si deve sostenere una prova scritta di teoria mediante quiz a risposta multipla.

DECRETA

CAPO I°
ATTIVITA' RADIOAMATORIALE

Sezione 1^a
SCOPO ED AMBITO DI APPLICAZIONE

Articolo 1

(Validità autorizzazione generale - Rinnovo)

1. L' autorizzazione generale di classe A e di classe B per l'impianto e l'esercizio di stazione di radioamatore di cui all'art. 34 del dPR 5 ottobre 2001, n. 447 ha validità fino a dieci anni.
2. La autorizzazione di cui al comma 1 si consegue mediante presentazione o invio all'ispettorato territoriale del Ministero delle comunicazioni (di seguito ispettorato territoriale), competente per territorio, della dichiarazione di cui al modello A allegato al presente decreto.
3. Il rinnovo dell'autorizzazione di cui allo stesso comma 1 si consegue mediante presentazione o invio della dichiarazione di cui al modello A1 allegato al presente decreto.
4. La modifica del tipo e la variazione del numero degli apparati indicati nella dichiarazione di cui all'allegato A non sono soggette a comunicazioni.
5. I radioamatori che intendono ottenere un attestato del conseguimento delle corrispondenti autorizzazioni generali di cui al comma 1, possono richiedere, con domanda in bollo, al competente ispettorato territoriale una certificazione conforme ai modelli di cui agli allegati B e C.

Articolo 2

(Patente)

1. È recepita la raccomandazione CEPT TR 61-02.
2. In applicazione della raccomandazione CEPT TR 61-02, le patenti di operatore di stazione di radioamatore di classe A e B devono contenere la dizione "Harmonized Amateur Examination Certificates - HAREC - level A or B - CEPT TR 61-02".
3. Le patenti di operatore di stazione di radioamatore di classe A o B, di cui al comma 1, sono rilasciate dagli ispettorati territoriali a seguito del superamento di esami da effettuarsi avanti a commissioni costituite presso gli uffici stessi ai sensi dell'art. 3 del dPR n.1214/1966.
4. Ai cittadini dei Paesi membri della CEPT e non membri che attuano la raccomandazione CEPT TR 61-02, in possesso della patente "HAREC", classe A o B, in occasione di loro soggiorni in Italia della durata superiore a tre mesi, è rilasciata a domanda la corrispondente patente italiana.
5. In caso di smarrimento, distruzione, sottrazione della patente di operatore, il titolare è tenuto a chiedere al competente ispettorato territoriale il rilascio del duplicato del titolo.
6. Alla domanda di rilascio del duplicato vanno allegare:

- a) copia della denuncia presentata alla autorità di pubblica sicurezza competente a riceverla;
- b) n. 2 fotografie formato tessera.

Articolo 3 (Esami)

1. In conformità a quanto previsto dalla raccomandazione CEPT T/R 61-02 gli esami per il conseguimento delle patenti di classe A e B consistono:

a) per la patente di classe A:

a1) in una prova scritta sugli argomenti indicati nella parte prima del programma di cui all'allegato D al presente decreto;

a2) in una prova pratica con la quale il candidato dimostri la capacità di trasmettere e ricevere in codice Morse, secondo quanto previsto nella parte seconda del programma di cui alla lettera a1);

b) per la patente di classe B:

b1) nella prova scritta di cui alla lettera a1).

2. Nelle prove di esame si osservano le prescrizioni di cui agli art.5, 6, e 7 del decreto del Presidente della Repubblica 3 maggio 1957, n. 686, per la parte applicabile.

3. Per la prova scritta sono concesse quattro ore di tempo.

4. Il testo della prova pratica di ricezione radiotelegrafica eseguita dal candidato deve essere facilmente leggibile e la trasmissione telegrafica deve risultare regolare.

5. Gli elaborati degli esami devono essere conservati per almeno sei mesi agli atti degli ispettorati territoriali.

6. I possessori della patente di classe B che vogliono ottenere la patente di classe A devono superare la prova pratica di ricezione e trasmissione di segnali in codice Morse, di cui al comma 1, lett. a2).

7. I portatori di handicap e di patologie invalidanti, la cui gravità impedisce la partecipazione alle prove di esame presso la sede stabilita dal competente ispettorato territoriale, possono chiedere di sostenere le anzidette prove di esame presso il proprio domicilio. La commissione esaminatrice, vista la domanda, fissa una apposita data per lo svolgimento degli esami dandone comunicazione agli interessati.

8. Ai candidati che abbiano superato le prove di esame è rilasciato l'attestato di cui allegato E.

Articolo 4 (Domande ammissione esami)

1. La domanda di ammissione agli esami per il conseguimento della patente di operatore, contenente le generalità del richiedente, deve essere fatta pervenire al competente ispettorato territoriale entro il 30 aprile ed entro il 30 settembre di ogni anno, accompagnata dai seguenti documenti:

- a) fotocopia avanti-retro del documento di identità in corso di validità
- b) attestazione del versamento prescritto per tassa esami;
- c) una marca da bollo del valore corrente;
- d) due fotografie formato tessera una delle quali autenticata.

2. Gli ispettorati territoriali comunicano agli interessati la data e la sede degli esami che, di norma, si svolgono nei mesi di maggio e ottobre di ogni anno.

Articolo 5 (Esoneri prove di esami)

1. Ferme restando le disposizioni di cui all'articolo 2, comma 2, del dPR n. 1214/1966, sono esonerati da tutte le prove, sia scritte che pratiche, gli aspiranti al conseguimento della patente che siano in possesso di uno dei seguenti titoli:

- a) certificato di radiotelegrafista per navi di classe prima, seconda e speciale, rilasciato dal Ministero delle comunicazioni;
- b) diploma di radiotelegrafista di bordo, rilasciato da un istituto professionale di Stato.

2. Sono esonerati dalle prove scritte gli aspiranti in possesso di uno dei seguenti titoli:

- a) certificato generale di operatore GMDSS, rilasciato dal Ministero delle comunicazioni;
- b) laurea in ingegneria nella classe dell'ingegneria dell'informazione o equipollente;
- c) diploma di tecnico in elettronica o equipollente conseguito presso un istituto statale o riconosciuto dallo Stato.

3. I candidati al conseguimento della patente di classe A, che abbiano superato la sola prova scritta di cui all'art.3, possono ottenere, a richiesta, il rilascio della patente di classe B di cui all'art.2.

4. Possono essere altresì esonerati dagli esami gli aspiranti che, muniti di licenza o di altro titolo di abilitazione, rilasciato dalla competente amministrazione del Paese di provenienza, abbiano superato esami equivalenti a quelli previsti in Italia.

Articolo 6 (Nominativo)

1. Il nominativo, di cui all'art. 37 del dPR 5 ottobre 2001, n. 447, è formato da uno o più caratteri, di cui il primo è I (nona lettera dell'alfabeto), seguito da una singola cifra e da un gruppo di non più di tre lettere.

2. Il nominativo di cui al comma 1 è assegnato:

a) alle stazioni di radioamatore esercite dalle persone fisiche;

b) alle stazioni di radioamatore esercite dai soggetti di cui agli artt.41 e 42 del dPRn.447/2001.

Articolo 7

(Acquisizione nominativo)

1. I titolari di patente radioamatoriale al fine di ottenere il nominativo di chiamata debbono presentare domanda in bollo:

a) per la classe A al Ministero delle comunicazioni- direzione generale concessioni e autorizzazioni;

b) per la classe B all'ispettorato territoriale del Ministero delle comunicazioni, competente per territorio.

2. Gli organi di cui al comma 1 rilasciano il nominativo entro 30 giorni dalla ricezione della relativa domanda.

Articolo 8

(Tirocinio)

1. I titolari di autorizzazione generale di classe B possono esercitarsi nell'apprendimento del codice Morse nella banda di frequenze 28 - 29,7 MHz con una potenza di picco massima di 100 Watt, operando esclusivamente presso una stazione di radioamatore il cui titolare sia in possesso di autorizzazione generale di classe A in corso di validità il quale è responsabile del corretto uso della stazione.

Articolo 9

(Ascolto)

1. I soggetti di cui all'art. 43 del dPR n. 447/2001, che intendono ottenere un attestato dell'attività di ascolto, possono richiedere, con domanda in bollo conforme all'allegato F, l'iscrizione in apposito elenco e l'assegnazione di una sigla distintiva, da apporre su copia della domanda stessa o su documento separato conforme al modello di cui all'allegato G.

2. La sigla distintiva relativa all'attività radioamatoriale di solo ascolto-SWL (short wave listener) è formata da: "lettera I (Italia), numero di protocollo, sigla della provincia di appartenenza".

Articolo 10

(Autorizzazione generale per stazioni ripetitrici automatiche non presidiate)

1. L'autorizzazione generale di cui all'art. 1, comma 1, fermo restando il disposto di cui all'art. 41 del dPR n.447/2001, costituisce requisito per il conseguimento senza oneri, a mezzo della dichiarazione di cui all'allegato H, dell'autorizzazione generale per l'installazione e l'esercizio di stazioni ripetitrici automatiche non presidiate al di fuori del proprio domicilio, da utilizzare anche per la sperimentazione.

2. La dichiarazione di cui al comma 1 va indirizzata al Ministero delle comunicazioni, direzione generale concessioni e autorizzazioni, che, fatta salva l'eventualità di un provvedimento negativo, comunica al soggetto autorizzato, nel termine di quattro settimane dalla data di ricevimento della anzidetta dichiarazione, il nominativo di cui all'art. 6, comma 2, lettere a) e b).
3. Le stazioni ripetitrici automatiche non presidiate di cui al comma 1 devono operare sulle frequenze attribuite dal piano nazionale di ripartizione delle frequenze al servizio di radioamatore e rispettare le allocazioni di frequenza, per le varie classi di emissione, previste dagli organismi radioamatoriali affiliati all'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni (ITU).
4. Il titolare dell'autorizzazione generale per l'installazione e l'esercizio di stazioni ripetitrici automatiche non presidiate e, nel caso delle associazioni radioamatoriali, il soggetto indicato nella scheda tecnica facente parte dell'allegato D, sono tenuti al controllo delle apparecchiature al fine di assicurarne il corretto funzionamento e, all'occorrenza, a disattivare tempestivamente le apparecchiature stesse nel caso di disturbi ai servizi di telecomunicazione.
5. Per evitare la congestione dello spettro radio non è consentita l'emissione continua della portante radio.
6. L'emissione della portante a radio frequenza deve essere limitata esclusivamente agli intervalli di tempo in cui è presente il segnale utile nel ricevitore ed interrompersi automaticamente dopo un periodo non superiore a 10 secondi dalla ricezione dell'ultimo segnale.
7. L'utilizzo della stazione automatica deve essere consentito a tutti i radioamatori.
8. Il nominativo della stazione deve essere ripetuto ogni 10 minuti.
9. La massima potenza equivalente irradiata (e.r.p.) non deve essere superiore a 10 W.
10. È consentito il collegamento tra stazioni ripetitrici automatiche, anche operanti su bande di frequenze e bande di emissione diverse.
11. Le variazioni delle caratteristiche tecniche delle stazioni ripetitrici che si intendono effettuare devono essere preventivamente comunicate al Ministero delle comunicazioni il quale, entro trenta giorni, formula eventuali osservazioni e, se del caso, comunica all'interessato la necessità di presentare nuova dichiarazione.

Sezione 2^a

NORME TECNICHE

Articolo 11 (Bande di frequenza)

1. Le stazioni del servizio di radioamatore e del servizio di radioamatore via satellite possono operare soltanto sulle bande di frequenze attribuite ai predetti servizi in Italia dal **PNRF**

Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze.

Banda	Statuto servizio	Massima potenza	Note
135,5 - 137,8 kHz	secondario	1 W erp	max. 1 W erp
1830 - 1850 kHz	PRIMARIO	500 W	
3500 - 3800 kHz	secondario	500 W	
7000 - 7100 kHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
10,100 -10,150 kHz	secondario	500 W	
14 - 14,350 kHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
18,068 -18,168 kHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
21 - 21,450 kHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
24,890 -24,990 kHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
28 - 29,7 kHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
50 - 51 MHz	secondario	500 W	
144 - 146 MHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
430 - 434 MHz	secondario	500 W	
435 - 436 MHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
436 - 438 MHz	secondario	500 W	Solo servizio satelliti
1240 - 1245 MHz	secondario	500 W	
1267 - 1270 MHz	secondario	500 W	Più servizio satelliti
1270 - 1298 MHz	secondario	500 W	
2300 - 2440 MHz	secondario	500 W	
2440 - 2450 MHz	esclusivo	500 W	Più servizio satelliti
5650 - 5670 MHz	secondario	500 W	Solo servizio satelliti
5760 - 5770 MHz	PRIMARIO	500 W	
5830 - 5850 MHz	secondario	500 W	Più servizio satelliti
10,3 - 10,45 GHz	esclusivo	500 W	
10,45 - 10,50 GHz	esclusivo	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
75,50 - 76 GHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
76 - 77,5 GHz	secondario	500 W	Più servizio satelliti
77,5 - 78 GHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
78 - 81,5 GHz	secondario	500 W	Più servizio satelliti

122,5 - 123 GHz	secondario	500 W	
134 - 136 GHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti
136 - 141 GHz	secondario	500 W	Più servizio satelliti
241 - 248 GHz	secondario	500 W	Più servizio satelliti
248 - 250 GHz	PRIMARIO	500 W	Più servizio satelliti

Articolo 12

(Norme d'esercizio)

1. L'esercizio della stazione di radioamatore deve essere svolto in conformità delle norme legislative e regolamentari vigenti e con l'osservanza delle prescrizioni contenute nel Regolamento internazionale delle radiocomunicazioni.
2. È vietato l'uso della stazione di radioamatore da parte di persona diversa dal titolare, salvo che si tratti di persona munita di patente che utilizzi la stazione sotto la diretta responsabilità del titolare. In tal caso deve essere usato il nominativo della stazione dalla quale si effettua la trasmissione.
3. Le radiocomunicazioni devono effettuarsi con altre stazioni di radioamatore italiane od estere debitamente autorizzate, a meno che le competenti amministrazioni estere abbiano notificato la loro opposizione.
4. È consentita l'interconnessione delle stazioni di radioamatore con le reti pubbliche di telecomunicazione per motivi esclusivi di emergenza o di conseguimento delle finalità proprie dell'attività di radioamatore.
5. Le radiocomunicazioni fra stazioni di radioamatore devono essere effettuate in linguaggio chiaro; le radiocomunicazioni telegrafiche o di trasmissione dati devono essere effettuate esclusivamente con l'impiego di codici internazionalmente riconosciuti; è ammesso l'impiego del codice "Q" e delle abbreviazioni internazionali in uso.
6. All'inizio ed alla fine delle trasmissioni, nonché ad intervalli di dieci minuti nel corso di esse, deve essere ripetuto il nominativo della stazione emittente. In caso di trasmissioni numeriche a pacchetto, il nominativo della stazione emittente deve essere contenuto in ogni pacchetto.
7. È vietato ai radioamatori far uso del segnale di soccorso, nonché impiegare segnali che possono dar luogo a falsi allarmi.
8. È vietato ai radioamatori intercettare comunicazioni che essi non hanno titolo a ricevere; è comunque vietato far conoscere a terzi il contenuto e l'esistenza dei messaggi intercettati e involontariamente captati.

Articolo 13

(Trasferimento di stazione)

1. Nell'ambito del territorio dello Stato è consentito l'esercizio temporaneo della stazione di radioamatore al di fuori della propria residenza o domicilio, senza comunicazione alcuna.

2. L'ubicazione della stazione di radioamatore in domicilio diverso da quello indicato nell'autorizzazione generale deve essere preventivamente comunicata al competente ispettorato territoriale.

3. Qualora la nuova ubicazione comporti la variazione del nominativo, il titolare dell'autorizzazione generale deve fare richiesta di un nuovo nominativo ai sensi dell'art. 37 del DPR n. 447/2001.

Articolo 14

(Controllo sulle stazioni)

1. I locali e gli impianti delle stazioni di radioamatore devono essere in ogni momento ispezionabili dai funzionari incaricati del Ministero delle comunicazioni o dagli ufficiali ed agenti di pubblica sicurezza.

2. La dichiarazione concernente l'autorizzazione per l'impianto e l'esercizio di stazione di radioamatore, di cui all'art.34 del DPR 5 ottobre 2001, n. 447 deve accompagnare la stazione e deve essere esibita a richiesta dei funzionari del Ministero delle comunicazioni incaricati della verifica o degli ufficiali ed agenti di pubblica sicurezza.

Articolo 15

(Limiti di potenza)

1. Fatte salve eventuali limitazioni delle potenze riportate dal piano nazionale di ripartizione delle frequenze, le stazioni del servizio di radioamatore possono operare con le seguenti potenze massime, definite come potenza di picco (p.e.p) cioè potenza media fornita alla linea di alimentazione dell'antenna durante un ciclo a radiofrequenza, in corrispondenza della massima ampiezza dell'involuppo di modulazione:

- classe A, fisso o mobile/portatile 500 W
- classe B, fisso o mobile/portatile 10 W (abrogata vedi licenza unica)

Articolo 16

(Requisiti delle apparecchiature)

1. Le apparecchiature radioelettriche utilizzate dalle stazioni di radioamatore acquistate, modificate o autocostruite, devono rispondere ai requisiti tecnici previsti dalla normativa internazionale di settore.

2 Le apparecchiature radioelettriche impiegate nelle stazioni di radioamatore, ove predisposte ad operare anche con bande di frequenze, classe di emissione o potenze diverse da quelle assegnate dal piano nazionale di ripartizione delle frequenze, devono comunque essere utilizzate nel rispetto delle norme di esercizio di cui all'art. 12.

Articolo 17

(Installazione di antenne)

1. Per la installazione delle antenne di radioamatore si applicano le disposizioni di cui all'art. 397 del DPR 29 marzo 1973, n. 156 nonché le vigenti norme di carattere tecnico, urbanistico, ambientale e di tutela della salute pubblica.

2. L'installazione dell'impianto d'antenna non deve provocare turbative e interferenze ad altri impianti di radiocomunicazioni.

CAPO II°

DISPOSIZIONI FINALI E TRANSITORIE

Articolo 18

(Validità dei documenti per l'esercizio dell'attività radioamatoriale)

1. I documenti attestanti il rilascio di licenze radioamatoriali, trasformate per effetto dell'art.15, comma 3, del dPR 447/2001 in autorizzazioni generali, acquisiscono il valore di dichiarazione, ai sensi dell'art. 5 del medesimo decreto presidenziale, con validità di dieci anni a decorrere:

a) dalla data originaria della licenza o da quella dell'ultimo rinnovo per i documenti in essere al 1° gennaio 2002;

b) dalla data di scadenza nel caso di domande di rinnovo, presentate entro il 31 dicembre 2001, non ancora evase.

2. La data di scadenza decennale, a richiesta degli interessati, va apposta sui documenti, abilitanti all'esercizio dell'attività radioamatoriale, prorogati nei sensi di cui al comma 1.

3. Alla scadenza di cui al comma 2 i radioamatori sono tenuti a produrre la dichiarazione di cui al modello allegato A1.

Articolo 19

(Attestazione di rispondenza alle classi 1 e 2 CEPT TR61-01)

1. Per le licenze radioamatoriali, ordinarie e speciali, trasformate in autorizzazioni generali per effetto dell'art.15, comma 1 del dPR 447/2001, e per le autorizzazioni generali di classe A e di classe B individuate nell'art. 34, comma 1, del menzionato decreto presidenziale, conseguite anteriormente alla data di entrata in vigore del presente decreto, l'attestazione di rispondenza alla classe 1 e alla classe 2 della raccomandazione CEPT TR61-01, di cui al decreto ministeriale 1°dicembr e 1990, previa domanda in bollo, può essere apposta sia sul titolo abilitante sia su documento separato.

Articolo 20

(Autorizzazioni generali speciali)

1. Qualora le associazioni radioamatoriali legalmente costituite non siano strutturate statutariamente in sezioni sul territorio nazionale, la dichiarazione di cui all'art. 42, comma 1, lett. d) del d.P.R. 447/2001 va prodotta dalla sede legale delle associazioni per conto delle articolazioni locali.

Il presente decreto è pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.

Roma, li 11 febbraio 2003.

IL MINISTRO
M. Gasparri

RADIOAMATORI

dal art. 134 al art. 144

Art. 134

Attività di radioamatore

1. 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 a titolo esclusivamente personale senza alcun interesse di natura economica.
2. Al di fuori della sede dell'impianto l'attività di cui al comma 1 può essere svolta con apparato portatile anche su mezzo mobile, escluso quello aereo.
3. L'attività di radioamatore è disciplinata dalle norme di cui al presente Capo e dell'allegato n. 26.
4. È libera l'attività di solo ascolto sulla gamma di frequenze attribuita al servizio di radioamatore.

Art. 135

Tipi di autorizzazione

1. L'autorizzazione generale per l'impianto e l'esercizio di stazioni di radioamatore è di due tipi: classe A e classe B corrispondenti rispettivamente alle classi 1 e 2 previste dalla raccomandazione CEPT/TR 61-01, attuata con decreto del Ministro delle poste e delle telecomunicazioni 1° dicembre 1990, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana n. 5 del 7 gennaio 1991.
2. Il titolare di autorizzazione generale di classe A è abilitato all'impiego di tutte le bande di frequenze attribuite dal piano nazionale di ripartizione delle radiofrequenze al servizio di radioamatore ed al servizio di radioamatore via satellite con potenza massima di 500 Watt.
3. Il titolare di autorizzazione generale di classe B è abilitato all'impiego delle stesse bande di frequenza di cui al comma 2, limitatamente a quelle uguali o superiori a 30 MHz con potenza massima di 50 Watt.

Art. 136

Patente

1. Per conseguire l'autorizzazione generale per l'impianto e l'esercizio di stazione di radioamatore è necessario che il richiedente sia in possesso della relativa patente di operatore, di classe A o di classe B di cui all'allegato n. 26.
2. Per il conseguimento delle patenti di cui al comma 1 devono essere superate le relative prove di esame.

Art. 137

Requisiti

1. L'impianto e l'esercizio della stazione di radioamatore sono consentiti a chi:

- a) abbia la cittadinanza di uno dei Paesi dell'Unione europea o dello Spazio Economico Europeo, di Paesi con i quali siano intercorsi accordi di reciprocità, fermo restando quanto disposto dall'articolo 2, comma 2, del decreto legislativo 25 luglio 1998, n. 286, ovvero sia residente in Italia;
- b) abbia età non inferiore a sedici anni;
- c) sia in possesso della relativa patente;
- d) non abbia riportato condanne per delitti non colposi a pena restrittiva superiore a due anni e non sia stato sottoposto a misure di sicurezza e di prevenzione finché durano gli effetti dei provvedimenti e sempre che non sia intervenuta sentenza di riabilitazione.

Art. 138

Dichiarazione

1. La dichiarazione di cui all'articolo 107, commi 5, 9, e 10, riguarda :

- a) cognome, nome, luogo e data di nascita, residenza o domicilio dell'interessato;
- b) indicazione della sede dell'impianto;
- c) gli estremi della patente di operatore;
- d) il numero e i tipi di apparati da utilizzare fissi, mobili e portatili;
- e) il nominativo già acquisito come disposto dall'articolo 139, comma 2;
- f) il possesso dei requisiti di cui all'articolo 137.

2. Alla dichiarazione sono allegate :

- a) l'attestazione del versamento dei contributi dovuti, di cui all'allegato n. 25;
- b) per i minorenni non emancipati, la dichiarazione di consenso e di assunzione delle responsabilità civili da parte di chi esercita la patria potestà o la tutela.

Art. 139

Nominativo

1. A ciascuna stazione di radioamatore è assegnato dal Ministero un nominativo, che non può essere modificato se non dal Ministero stesso.

2. Il nominativo deve essere acquisito dall'interessato prima della presentazione della dichiarazione di cui all'articolo 138, comma 1, da inoltrare entro trenta giorni dall'assegnazione del nominativo stesso.

Art. 140

Attività di radioamatore all'estero

1. I cittadini di Stati appartenenti alla CEPT, che siano in possesso della licenza rilasciata ai sensi della relativa raccomandazione, sono ammessi , in occasione di soggiorni temporanei, ad esercitare in territorio italiano la propria stazione portatile o installata su mezzi mobili, escluso quello aereo, senza formalità ma nel rispetto delle norme vigenti in Italia.

2. I soggetti di cui all'articolo 137, comma 1, lettera a), che intendano soggiornare nei Paesi aderenti alla CEPT, possono richiedere all'organo competente del Ministero l'attestazione della rispondenza dell'autorizzazione generale alle prescrizioni dettate con decreto del Ministro delle poste e delle telecomunicazioni del 1° dicembre 1990, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana n. 5 del 7 gennaio 1991.

3. L'impianto e l'esercizio della stazione di radioamatore, in occasione di soggiorno temporaneo in Paese estero è soggetto all'osservanza delle disposizioni del regolamento delle radiocomunicazioni, delle raccomandazioni della CEPT e delle norme vigenti nel Paese visitato.

Art. 141

Calamità - contingenze particolari

1. 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.

Art. 142

Assistenza

1. Può essere consentita ai radioamatori di svolgere attività di radioassistenza in occasione di manifestazioni sportive, previa tempestiva comunicazione agli organi periferici del Ministero del nominativo dei radioamatori partecipanti, della località, della durata e dell'orario dell'avvenimento.

Art. 143

Stazioni ripetitrici

1. Le associazioni dei radioamatori legalmente costituite possono conseguire, nel rispetto delle disposizioni recate dagli articoli 107, commi 5, 9 e 10, e 140, l'autorizzazione generale per l'installazione e l'esercizio:

- a) di stazioni ripetitrici analogiche e numeriche;
- b) di impianti automatici di ricezione, memorizzazione, ritrasmissione o instradamento di messaggi;
- c) di impianti destinati ad uso collettivo.

2. L'installazione e l'esercizio di stazioni di radiofari ad uso amatoriale sono soggetti a comunicazione; la stazione deve essere identificata dal nominativo di cui all'articolo 139 relativo al radioamatore installatore seguito dalla lettera B preceduta da una sbarra.

Art. 144

Autorizzazioni speciali

1. Oltre che da singole persone fisiche, l'autorizzazione generale per l'impianto e l'esercizio di stazioni di radioamatore può essere conseguita da:

- a) Università ed Enti di ricerca scientifica e tecnologica;
- b) scuole ed istituti di istruzione di ogni ordine e grado, statali e legalmente riconosciuti, ad eccezione delle scuole elementari; la relativa dichiarazione deve essere inoltrata tramite il Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca, che deve attestare la qualifica della scuola o dell'istituto;
- c) scuole e corsi di istruzione militare per i quali la dichiarazione viene presentata dal Ministero della difesa;
- d) sezioni delle associazioni dei radioamatori legalmente costituite;
- e) Enti pubblici territoriali per finalità concernenti le loro attività istituzionali.

2. L'esercizio della stazione deve, nei detti casi, essere affidata ad operatori nominativamente indicati nella dichiarazione, di età non inferiore ad anni diciotto, muniti di patente e dei requisiti richiesti dall'articolo 137 per il conseguimento dell'autorizzazione generale connessa all'impianto o all'esercizio di stazioni di radioamatore.

CONTRIBUTI

Allegato n. 25 - art. 35

Radioamatori

1. Per ciascuna stazione di radioamatore, indipendentemente dal numero degli apparati, l'interessato versa un contributo annuo, compreso l'anno a partire dal quale l'autorizzazione generale decorre, di euro 5,00 per le autorizzazioni generali di classe A

LICENZA UNICA

MINISTERO DELLE COMUNICAZIONI

Decreto 21 luglio 2005

Modifiche all'allegato 26 del decreto legislativo 1° agosto 2003, n. 259, concernente l'adeguamento della normativa tecnica relativa all'esercizio della attività radioamatoriale. (GU n. 196 del 24-8-2005)

Il Ministro delle Comunicazioni

Visto il decreto legislativo 30 dicembre 2003, n. 366;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica 22 giugno 2004, n. 176;

Visto il decreto del Ministro delle comunicazioni 16 dicembre 2004, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2004;

Visto il decreto legislativo 1° agosto 2003, n. 259, recante «Codice delle comunicazioni elettroniche», in particolare il titolo III, capo VII;

Visto l'allegato 26 al suddetto decreto legislativo 1° agosto 2003, n. 259, concernente «Adeguamento della normativa tecnica relativa all'esercizio dell'attività radioamatoriale»;

Visto, altresì, l'art. 163 del menzionato codice delle comunicazioni elettroniche;

Visto l'art. 25, sezione I, paragrafo 25.5, del regolamento delle radiocomunicazioni che conferisce la facoltà alle amministrazioni degli Stati contraenti di mantenere o meno l'obbligatorietà della capacità in recetrasmissione del codice Morse per gli aspiranti radioamatori;

Vista la raccomandazione CEPT 61-02, adottata dalla CEPT il 6 febbraio 2004, in occasione della riunione del GCC/WGRA tenuta a Vilnius, che recepisce il disposto dell'art. 25, paragrafo 25.5, menzionato nella linea precedente;

Considerato che, allo scopo di facilitare l'espletamento di comunicazioni radioamatoriali, sia opportuno aderire alla anzidetta raccomandazione CEPT TR 61-02 nel senso di eliminare l'obbligatorietà della capacità nelle trasmissioni radio del codice Morse;

Visto l'art. 220, comma 2, lettera a), del codice delle comunicazioni elettroniche che conferisce al Ministero delle comunicazioni il potere di apportare, con proprio decreto, modifiche, fra l'altro, all'allegato 26 dianzi citato;

Decreta:

Art. 1.

Patente

1. È recepita la raccomandazione CEPT TR 61-02 citata nelle premesse.
2. Le patenti di operatore di stazione di radioamatore di classe A e B di cui allegato 26 al decreto legislativo 1° agosto 2003, n. 259, recante il «Codice delle comunicazioni elettroniche» vengono unificate nell'unica patente di classe A.

Art. 2.

Esami

1. In conformità di quanto previsto della raccomandazione CEPT T/R 61-02 gli esami per il conseguimento della patente di classe A consistono in una prova scritta sugli argomenti indicati nella parte prima del programma di cui al sub allegato D dell'allegato 26 al codice, da eseguirsi mediante quiz a risposta multipla.

Art. 3.

Nominativo

1. Dall'entrata in vigore del presente decreto i radioamatori in possesso delle autorizzazioni generali di classe A e B di cui all'allegato 26 al decreto legislativo 1° agosto 2003, n. 259, conservano i rispettivi nominativi fatta salva la possibilità per i titolari delle autorizzazioni di classe B di chiedere al competente organo centrale del Ministero delle comunicazioni il cambio del nominativo.

Il presente decreto sarà pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.

Roma, 21 luglio 2005

Il Ministro: Landolfi

LICENZA CEPT *DECRETO 1 dicembre 1990*

Riconoscimento della licenza di radioamatore CEPT

IL MINISTRO DELLE POSTE E DELLE TELECOMUNICAZIONI

Visti gli articoli 330, 331 e 341 ultimo comma, del testo unico delle disposizioni legislative in materia postale, di bancoposta e di telecomunicazioni, approvato con decreto ministeriale 29 marzo 1973, n. 156;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica 5 agosto 1966, n. 1214, contenente norme sulle concessioni di impianto e di esercizio di stazione di radioamatore;

Visto l'art. 32 del regolamento internazionale Ideale radiocomunicazioni (Ginevra, 1979), reso esecutivo in Italia con decreto del Presidente, della Repubblica 27 luglio 1981 n. 740, e modificato con decreto del Presidente della Repubblica 28 febbraio 1985, n. 182, secondo il quale le amministrazioni hanno la responsabilità di prendere le misure necessarie per verificare le attitudini operative e tecniche dei radioamatori;

Vista la raccomandazione T/R 61/01 adottata a Nizza nel giugno 1985 dalla CEPT - Conferenza europea delle amministrazioni delle poste e delle telecomunicazioni, la quale prevede il riconoscimento della "licenza di radioamatore della CEPT" di classe 1 o di classe 2 sulla base della corrispondenza alle classi nazionali in vigore nei rispettivi Paesi;

Considerato che l'adozione dell'anzidetta raccomandazione, a cui ha già provveduto gran parte delle amministrazioni P.T. europee, determinerà una notevole semplificazione delle attuali procedure delle autorizzazioni provvisorie all'ingresso in Italia e consentirà ai radioamatori non residenti di - trasferire la propria stazione, per la durata dei loro soggiorni temporanei, nei Paesi membri della CEPT che hanno adottato la raccomandazione stessa;

Riconosciuto che l'adozione della menzionata raccomandazione T/R 61-01 non comporta alcuna modifica della normativa vigente in materia radioamatoriale in quanto, fermo restando le classi di licenza rilasciate nei singoli Stati europei, viene sconosciuta l'equiparazione di tali classi a quelle che la CEPT ha stabilito per consentire la libera circolazione dei radioamatori in Europa con le loro stazioni portatili o mobili;

Decreta

Art. 1

È recepita l'allegata raccomandazione della CEPT T/R 61-01, adottata a Nizza nel giugno 1985, che forma parte integrante del presente decreto concernente il riconoscimento di "una licenza di radioamatore CEPT" con validità nell'ambito dei Paesi che hanno adottato l'anzidetta raccomandazione.

Art. 2.

Ai sensi della raccomandazione T/R 61-01 sono previste due classi di licenza di radioamatore CEPT:

la classe 1 che corrisponde alla licenza ordinaria;

la classe 2 che corrisponde alla licenza speciale.

Art. 3.

In conformità a quanto contenuto nella raccomandazione T/R 61-01, nelle condizioni generali specificate nell' Appendice 1 alla raccomandazione stessa, a partire dal 1° gennaio 1991 è rilasciata la licenza di radioamatore CEPT ai cittadini italiani in possesso dei requisiti previsti dalla normativa vigente in materia, che avanzino alle direzioni compartimentali P.T. competenti per territorio richiesta di rilascio di licenza ordinaria (classe 1) o della licenza speciale (classe 2) di radioamatore.

Art. 4

A decorrere dall'emanazione del presente decreto, i radioamatori italiani, in possesso di licenza definitiva, sia ordinaria (classe 1) che speciale (classe 2), possono richiedere alle direzioni compartimentali competenti per territorio l'apposizione sulla licenza di un timbro con la seguente dicitura: "corrispondente alla licenza di radioamatore CEPT di classe 1" o "corrispondente alla licenza CEPT di radioamatore di classe 2" a seconda se la licenza è ordinaria o speciale.

Art. 5.

I cittadini stranieri in possesso della licenza di radioamatore CEPT, sono autorizzati per la durata dei loro soggiorni temporanei, all'uso della stazione di radioamatore su mezzo mobile, escluso quello aereo.

Non è consentita l'autorizzazione della stazione su mezzo mobile in movimento operante sulle frequenze inferiori a 144 MHz.

Art. 6

I cittadini stranieri titolari della licenza di radioamatori CEPT nell'utilizzare la propria stazione in territorio italiano, sono tenuti, a far precedere il proprio indicativo di chiamata nazionale dai seguenti prefissi:

iK/ per le licenze di radioamatore CEPT di classe 1;

iW/ per le licenze di radioamatore CEPT di classe 2

Il titolare della licenza di radioamatore CEPT è tenuto ad esercitare la stazione di radioamatore in conformità alle norme legislative e regolamentari vigenti nel Paese ospitante e con l'osservanza delle prescrizioni del regolamento delle radiocomunicazioni e della raccomandazione CEPT T/R 61-01.

Roma, 1° dicembre 1990

Il Ministro: MAMMI

Raccomandazione T/R 61-01

(Nizza 1985) concernente la Licenza di radioamatore CEPT

Raccomandazione proposta dal Gruppo di lavoro T/GT3 "Radiocomunicazioni" (R)

Testo della Raccomandazione adottata dalla Commissione "Telecomunicazioni"

La Conferenza Europea delle Amministrazioni delle Poste e delle Telecomunicazioni, considerando:

- a) che il Servizio d'Amatore è un Servizio Internazionale di Radiocomunicazioni previsto dal Regolamento delle Radiocomunicazioni.
- b) che tutte le persone che fanno parte di questo Servizio hanno sostenuto la prova della loro capacità, conformemente all'Articolo 32, paragrafo 3, del Regolamento delle Radiocomunicazioni;
- c) che l'emissione e la gestione delle autorizzazioni provvisorie, rilasciate a seguito di accordi bilaterali esistenti, implica un considerevole accrescimento del lavoro per le Amministrazioni membri della CEPT;
- d) che gli sviluppi tecnici e la standardizzazione crescente delle apparecchiature di Radioamatori nei Paesi membri della CEPT comportano una riduzione di disturbi dannosi;
- e) che certe Amministrazioni membri della CEPT hanno concluso, o sono in fase di mettere a punto, accordi destinati a semplificare le procedure necessarie per il rilascio di licenze temporanee;
- f) precisando, tuttavia che la presente Raccomandazione non ha alcun rapporto con l'importazione e l'esportazione di apparecchiature di Radioamatore, che sottostanno unicamente ai regolamenti doganali relativi,

raccomanda

che le Amministrazioni membri della CEPT riconoscano il principio di una "Licenza di Radioamatore della CEPT", alle condizioni specificate nell'Appendice 1, per le quali le Amministrazioni membri non esigeranno né diritti né tasse, riservando all'Amministrazione il diritto soltanto di emettere la Licenza.

APPENDICE I

CONDIZIONI GENERALI AL RILASCIO DELLA LICENZA CEPT

I. Disposizioni generali riguardanti la "Licenza di Radioamatore CEPT"

La "Licenza di Radioamatore CEPT" avrà una forma simile a quella della Licenza nazionale oppure di un documento apposito emesso dalla stessa Autorità e sarà redatto nella lingua nazionale ed in tedesco, inglese e francese. Questo documento sarà valido unicamente per i non residenti, per la durata dei loro soggiorni temporanei nei Paesi membri della CEPT che hanno adottato la Raccomandazione, con il limite di validità della Licenza nazionale.

1. Radioamatori in possesso di una Licenza provvisoria non possono beneficiare delle disposizioni della Raccomandazione.

Le condizioni minime richieste per una Licenza CEPT saranno:

(i) la dichiarazione secondo la quale il titolare è autorizzato ad utilizzare la sua Stazione di Radioamatore conformemente alla presente Raccomandazione nei Paesi che l'adottano;

(ii) il nome e l'indirizzo del titolare;

(iii) l'indicativo di chiamata;

(iv) la classe di Licenza CEPT);

(v) la validità;

(vi) l'Autorità che la rilascia.

È consigliabile allegare un elenco dei Paesi che adottano la Raccomandazione.

2. Classe di Licenza.

Ognuna delle classi della CEPT descritto di seguito non sarà considerata equivalente ad una classe nazionale se le condizioni di utilizzo in un altro Paese non sono ampiamente compatibili rispetto a quelle del Paese in cui è stata rilasciata la Licenza. Le equivalenze sono riportate nelle colonne 3 e 4 della tabella in .

Classe I.

Questa classe permette l'utilizzo di tutte le frequenze attribuite al Servizio d'Amatore che sono autorizzate nei Paesi dove la Stazione dovrà essere operante. Questa classe sarà accessibile unicamente e quei Radioamatori che hanno sostenuto la prova relativa in codice Morse presso la propria Amministrazione.

Classe II.

Questa classe limita l'uso delle Stazioni alle frequenze attribuite al di sopra dei 144 MHz. autorizzate per il Servizio d'Amatore nei Paesi dove la Stazione dovrà essere operata.

3. Condizioni di utilizzazione.

3.1 Il titolare deve esibire la Licenza di Radioamatore CEPT su richiesta delle Autorità di controllo del Paese ospitante;

3.2 l'autorizzazione non è accordata che per uso di una Stazione portatile o mobile. Una Stazione portatile dovrà, nello spirito di questa Raccomandazione comprendere anche Stazioni funzionanti con collegamento provvisorio alla rete elettrica. per esempio in un hotel;

3.3 l'autorizzazione è rilasciata anche per l'uso della Stazione di un Radioamatore del Paese ospitante, sempreché sia titolare di licenza.

3.4 il titolare deve rispettare le disposizioni del Regolamento delle Radiocomunicazioni, della presente Raccomandazione e del Regolamento in vigore nel Paese ospitante: egli inoltre deve rispettare ogni limitazione che gli sarà imposta relativamente a condizioni locali di natura tecnica o imposte dalla pubblica autorità;

3.5 l'uso della Stazione a bordo di aeromobili è proibito;

3.6 quanto trasmette nel Paese ospitante, il titolare deve utilizzare il suo indicativo di chiamata nazionale preceduto dal prefisso del Paese, come previsto nel Paese ospite, e seguito dalla lettera "M" per una Stazione mobile, e da "P" per una stazione portatile;

3.7 il titolare non potrà chiedere protezione contro eventuali disturbi o interferenze.

4.-Condizioni tecniche

Le condizioni tecniche applicate saranno quelle della classe nazionale corrispondente alla relativa classe CEPT. Queste equivalenze, figurano nelle due colonne di destra della tabella in Appendice II.

3.3 l'autorizzazione è rilasciata anche per l'uso della Stazione di un Radioamatore del Paese ospitante. sempreché sia titolare di licenza.

3.4 Il titolare deve rispettare le disposizioni del Regolamento delle Radiocomunicazioni, della presente Raccomandazione e del Regolamento in vigore nel Paese ospitante: egli inoltre deve rispettare ogni limitazione che gli sarà imposta relativamente a condizioni locali di natura tecnica o imposte dalla pubblica autorità;

3.5 l'uso della Stazione a bordo di aeromobili è proibito;

3.6 quanto trasmette nel Paese ospitante, il titolare deve utilizzare il suo indicativo di chiamata nazionale preceduto dal prefisso del Paese, come previsto nel Paese ospite, e seguito dalla lettera "M" per una Stazione mobile, e da "P" per una stazione portatile;

3.7 il titolare non potrà chiedere protezione contro eventuali disturbi o interferenze.

