

# CENNI SULLE ANTENNE per Trasmissioni radio

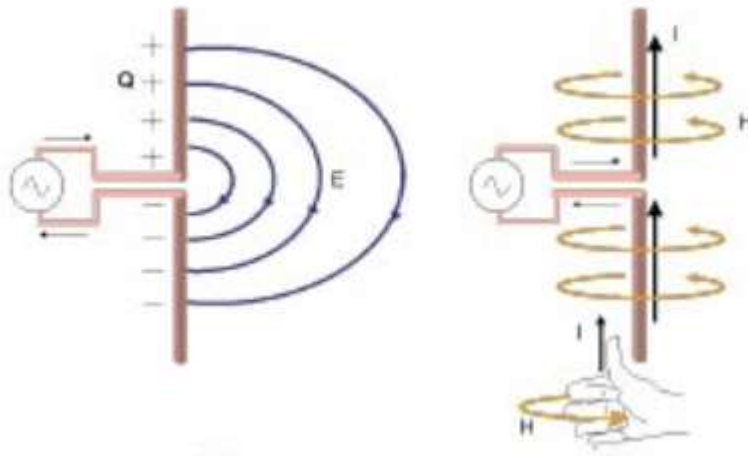
Ing. Guerino Mangiamele



Riferimenti : Handbook Antenne Rivista Nuova elettronica

Quaderni di elettronica - ing. Guerino Mangiamele Cenni sulle antenne per trasmissione radio

## CHE COS'È UN'ANTENNA



**Un' ANTENNA è un componente elettrico, praticamente un filo conduttore, che consente l'irradiazione o la ricezione di energia elettromagnetica**

Il riferimento fisico è dato dalla Legge di Biot-Savart che dimostra: se si fa passare una corrente elettrica variabile nel tempo in un conduttore, questo irradia un campo elettrico, che a sua volta genera un campo magnetico; se invece il conduttore è immerso in un campo elettromagnetico, per il principio di reciprocità, in esso si induce una corrente elettrica variabile nel tempo.

Qualsiasi antenna può essere utilizzata sia per irradiare che per ricevere un'onda elettromagnetica (se connesso rispettivamente ad un trasmettitore e ad un ricevitore)

**Per comprendere come funziona un'antenna, prendiamo in considerazione un circuito di sintonia parallelo costituito da una induttanza (bobina composta con più o meno spire) e da una capacità (condensatore).**

Per poter sintonizzare una ben precisa frequenza è necessario variare il numero di spire della bobina oppure la capacità del condensatore.

“Per sintonizzarsi sulla banda delle onde medie occorrono bobine con molte spire e condensatori di elevata capacità (vedi fig.2), mentre per sintonizzarsi sulla banda delle onde corte e cortissime occorrono bobine con poche spire e condensatori di bassa capacità (vedi fig.3).



Fig.1 Qualsiasi oggetto metallico è in grado di captare i segnali di alta frequenza dai quali siamo circondati, quindi anche un cacciavite, una lima, un compasso o una forchetta, potrebbero essere utilizzati come antenne riceventi.



Fig.2 Per sintonizzare una frequenza, bisogna utilizzare una Induttanza e una Capacità. In rapporto al numero di spire e al valore della capacità, il circuito si sintonizzerà su una ben definita frequenza.



Fig.3 I circuiti di sintonia composti da una piccola bobina e da un condensatore, avendo una costante molto concentrata, non riescono senza un'antenna a captare i deboli segnali radio presenti nello spazio.

Questo circuito di sintonia definito "a costante concentrata", a causa delle sue ridotte dimensioni, non riesce ad irradiare nello spazio, nè a captare nessun segnale in Radiofrequenza (RF).

Per riuscire ad irradiare e di conseguenza anche a captare dei segnali RF, occorre un circuito risonante lineare composto da un filo collocato ad una certa altezza dal suolo, la cui lunghezza deve essere calcolata in modo da ottenere una induttanza in grado di "accordarsi" con le frequenze che si desiderano captare o irradiare.

Per ottenere un circuito risonante lineare è sufficiente svolgere una bobina in modo da ricavare un lungo filo, che costituirà l'induttanza del nostro circuito di sintonia (vedi fig.4).

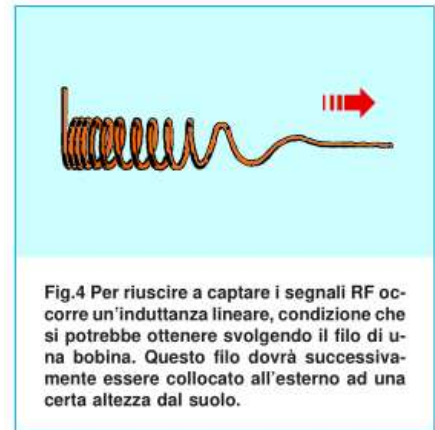


Fig.4 Per riuscire a captare i segnali RF occorre un'induttanza lineare, condizione che si potrebbe ottenere svolgendo il filo di una bobina. Questo filo dovrà successivamente essere collocato all'esterno ad una certa altezza dal suolo.

La capacità necessaria per sintonizzare questo filo su

una ben precisa frequenza è sempre presente anche se risulta invisibile, infatti non bisogna dimenticare che questo filo si comporta rispetto al suolo, e a qualsiasi altro corpo posto nelle sue vicinanze, come la placca di un lungo condensatore (vedi fig.5).

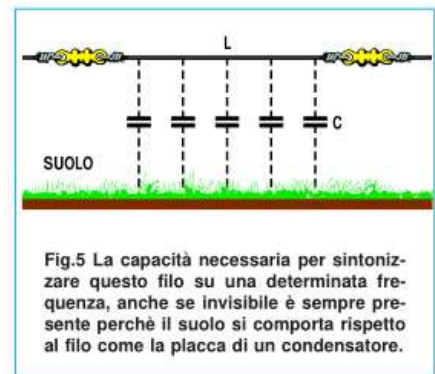


Fig.5 La capacità necessaria per sintonizzare questo filo su una determinata frequenza, anche se invisibile è sempre presente perchè il suolo si comporta rispetto al filo come la placca di un condensatore.



Fig.7 Un filo si accorda su una frequenza in funzione della sua lunghezza. Anche in certi strumenti musicali, come ad esempio l'Arpa, la diversa lunghezza delle corde viene utilizzata per emettere una ben definita Nota acustica.



Fig.8 Anche un filo, utilizzato come antenna, si accorda su una sola e ben precisa frequenza. La frequenza di lavoro corrisponde ad un ciclo completo di un'onda intera, composta da una semionda positiva e da una semionda negativa.

Questo filo, chiamato antenna, potrà captare o irradiare un segnale RF solo se la sua lunghezza fisica riesce a risonare sulla stessa lunghezza d'onda del segnale che si desidera ricevere o trasmettere.

Per farvi capire come la lunghezza fisica influisca sulla frequenza, provate per un attimo a pensare ad un'arpa (vedi fig.7).

1 Da Handbook Antenne Nuova Elettronica

Questo strumento, è composto da tante corde di lunghezza decrescente. Le corde più lunghe emettono delle frequenze acustiche basse e le corde più corte delle frequenze acustiche più alte. Se avviciniamo due arpe e facciamo vibrare una corda della prima arpa, le vibrazioni acustiche generate verranno captate dalla corda della seconda arpa che risulta della stessa lunghezza, quindi anche questa inizierà a vibrare perchè risulta risonante alla medesima frequenza.

**Un'antenna risulta risonante ad una frequenza, quando un'onda intera compie un ciclo completo su tutta la sua lunghezza (vedi fig.8).**

**Per conoscere la lunghezza d'onda di un'onda, occorre semplicemente dividere la sua frequenza in Hertz per la velocità di propagazione che risulta identica a quella della luce, cioè: 300.000 Km al secondo**

Le formule da utilizzare per convertire una frequenza in lunghezza d'onda espressa in metri o centimetri sono le seguenti:

<b><i>lunghezza in metri = 300.000.000 : Hertz</i></b>
<b><i>lunghezza in metri = 300 : Megahertz</i></b>
<b><i>lunghezza in centimetri = 300.000 : Megahertz</i></b>

Conoscendo la lunghezza d'onda è possibile ricavare il valore della frequenza svolgendo l'operazione inversa, cioè:

<b><i>Hertz = 300.000.000 : lunghezza in metri</i></b>
<b><i>Kilohertz = 300.000 : lunghezza in metri</i></b>
<b><i>Megahertz = 300 : lunghezza in metri</i></b>
<b><i>Megahertz = 300.000 : lunghezza in centimetri</i></b>

**ESEMPIO :**

*Quindi per conoscere l'esatta lunghezza d'onda in metri di una frequenza, ad esempio 144 MHz, si dovrà svolgere questa semplice divisione: 300 : 144 = 2,08 metri*

*Se, avendo un'antenna lunga 10 centimetri, volessimo sapere su quale frequenza si accorda, dovremmo svolgere questa divisione:*

$300 : 0,1 = 3000 \text{ MHz}$  , cioè 3 GHz.

Sulla lunghezza di un filo che risona su una determinata frequenza, risultano distribuiti dei ben definiti valori di tensione e di corrente.

Come è possibile vedere in fig.9, l'onda parte da un estremo dell'antenna con una minima corrente e una massima tensione, poi, dopo  $1/4$  della sua lunghezza raggiunge un massimo di corrente e un minimo di tensione. Dopo  $1/2$  della sua lunghezza si ha nuovamente

un minimo di corrente ed un massimo di tensione, dopo  $3/4$  un massimo di corrente e un minimo di tensione ed al termine della sua lunghezza ci ritroveremo nuovamente con un minimo di corrente ed un massimo di tensione.

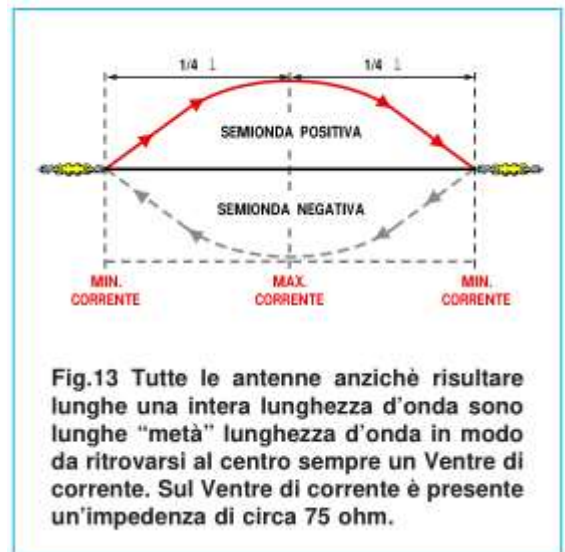


## LA LUNGHEZZA FISICA dell'ANTENNA

Spesso si utilizzano antenne la cui lunghezza è pari a metà della lunghezza d'onda del segnale radio da ricevere o trasmettere. (...)

Come saprete, un'onda completa è sempre composta da una semionda positiva e da una semionda negativa che si alternano sul filo che funge da antenna: vale a dire che, quando è presente la semionda positiva, non è presente la negativa e viceversa. Usando un'antenna lunga metà lunghezza d'onda, la semionda positiva parte da una estremità con una minima corrente (vedi fig.13), raggiunge metà lunghezza con la massima corrente e termina il suo percorso

sull'opposta estremità del filo sempre con una minima corrente. Terminato il percorso della semionda positiva inizia quello della semionda negativa che, trovando il filo "libero", partirà sempre con una minima corrente, raggiungerà metà lunghezza con la massima corrente e terminerà il suo percorso sull'opposta estremità con una minima corrente.



Quindi metà lunghezza d'onda è più che sufficiente per far scorrere sullo stesso filo sia le semionde positive che le semionde negative. Utilizzando un'antenna lunga esattamente metà lunghezza d'onda, sul suo punto centrale si otterrà sempre una corrente massima, sia per le semionde positive che per quelle negative.

Sul punto in cui è presente la massima di corrente si ha un valore d'impedenza che normalmente si aggira intorno ai 60-80 ohm.

Più ci si allontana dal centro dell'antenna più il valore dell'impedenza aumenta fino a raggiungere alle due estremità, dove è presente la corrente minima, i 5.000-6.000 ohm.

**L'impedenza caratteristica delle antenne è di 52 o 75 ohm .**

Pertanto i cavi coassiali per il trasferimento dei segnali verso le antenne devono avere impedenze di 52 o 75 ohm .

Nella pratica comune la lunghezza delle antenne è sempre leggermente ridotto , rispetto al valore teorico di un fattore K che tiene conto del diametro del conduttore che costituisce l'antenna.

TABELLA N. 1 fattore K			
L mm	Fattore K	L mm	Fattore K
10	0,925	200	0,967
15	0,935	300	0,968
20	0,940	400	0,969
25	0,945	500	0,970
30	0,950	1.000	0,971
35	0,952	1.500	0,972
40	0,954	2.000	0,973
50	0,956	3.000	0,974
60	0,960	4.000	0,975
70	0,962	5.000	0,976
80	0,963	6.000	0,977
90	0,964	7.000	0,978
100	0,965	8.000	0,979
150	0,966	9.000	0,980

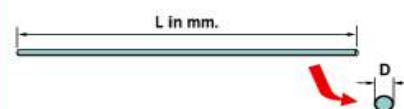


Fig.15 La lunghezza di un'antenna risulta in pratica sempre minore rispetto alla sua lunghezza d'onda. Conoscendo la lunghezza L ed il diametro del filo D in millimetri, è possibile ricavare dalla Tabella N.1 il fattore K di accorciamento.

3 Da Handbook antenne rivista Nuova elettronica

## POLARIZZAZIONE del SEGNALE

Il termine polarizzazione si riferisce alla direzione dei campi elettrici emessi dall'antenna.

Un'antenna collocata in posizione orizzontale rispetto al suolo irradia onde con una polarizzazione orizzontale (vedi fig.31) e un'antenna collocata in posizione verticale irradia onde con una polarizzazione verticale (vedi fig.32).

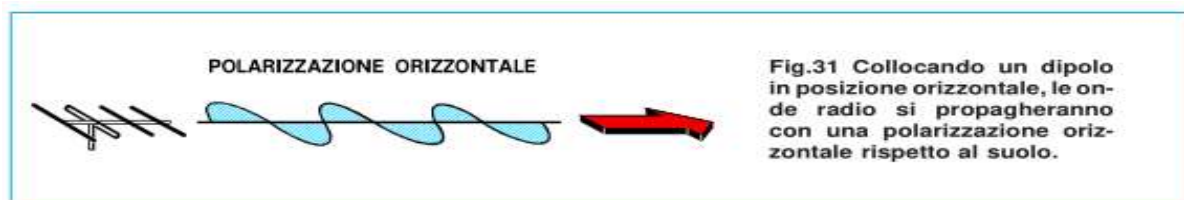


Fig.31 Collocando un dipolo in posizione orizzontale, le onde radio si propagheranno con una polarizzazione orizzontale rispetto al suolo.

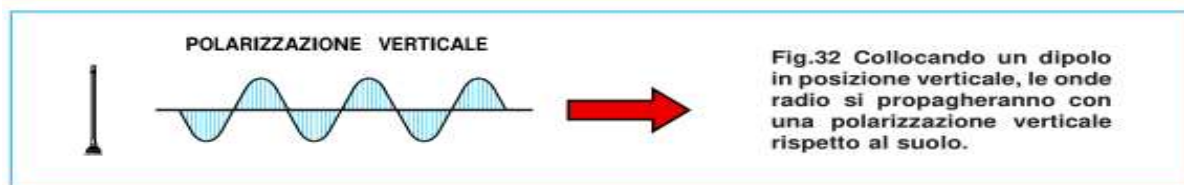


Fig.32 Collocando un dipolo in posizione verticale, le onde radio si propagheranno con una polarizzazione verticale rispetto al suolo.

Per captare il massimo segnale RF è necessario che l'antenna ricevente risulti collocata nella stessa posizione in cui risulta collocata l'antenna trasmittente, Cioè : se per esempio, l'informazione viene trasmessa tramite un'antenna con polarizzazione orizzontale, l'antenna ricevente deve essere montata in orizzontale, diversamente capteremo il segnale con una minor intensità.

Esempio:

Se abbiamo un rubinetto con una apertura rettangolare ed un imbuto provvisto di un imbocco rettangolare e desideriamo riempire una bottiglia con l'acqua che fuoriesce dal rubinetto, è ovvio che, posizionando l'imbocco dell'imbuto in senso longitudinale rispetto all'apertura del rubinetto, non perderemo nessuna goccia d'acqua.



Ruotando invece l'imbuto a  $90^\circ$  ne raccoglieremmo una quantità minore.

Un segnale con polarizzazione orizzontale presenta il vantaggio di risultare meno influenzabile da disturbi di origine elettrica ed atmosferica. Un segnale con polarizzazione verticale presenta il vantaggio di avere un lobo di radiazione molto basso rispetto al suolo, quindi permette di raggiungere distanze maggiori.

Un'antenna verticale può captare anche onde con polarizzazione orizzontale e di conseguenza anche un'antenna orizzontale può captare onde con polarizzazione verticale, ma con una minore intensità (vedi esempio del rubinetto).

## Le principali tipologie di antenne

### Antenna a stilo

E' costituita da un conduttore di lunghezza pari a  $\frac{1}{2}$  onda o a un  $\frac{1}{4}$  d'onda .

Le antenne presenti nei dispositivi Wifi ( Router , Access Point) , sono di tipo a "Stilo " ,per esempio, negli Smartphone l'antenna è interna spesso disegnata sul circuito stampato.

Sono antenne generalmente montate con polarizzazione verticale , piuttosto semplici ma poco efficienti rispetto ad altre tipologie.



### **Antenna a dipolo o dipolo ripiegato**

Presentano due conduttori "affacciati" , ciascuno d



2 DIPOLO RPIEGATO

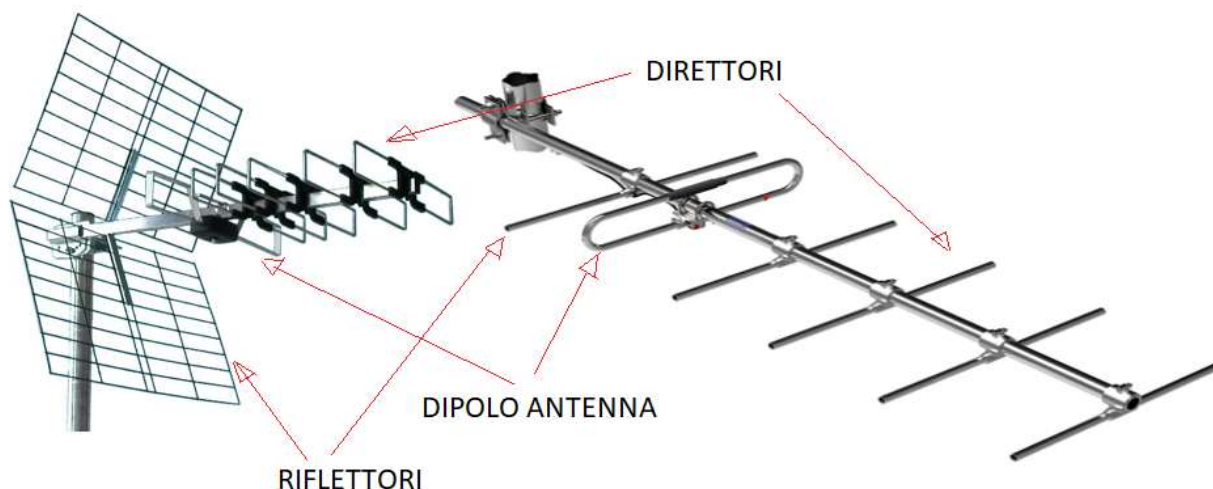


1 Antenna Dipolo

Le antenne a dipolo hanno un'efficienza di trasmissione e di ricezione superiore alle antenne Stilo , e presentano impedenze più alte ( da circa 150 ohm per i dipoli semplici e di circa 300 ohm per quelli ripiegati.



## Antenna Yagi



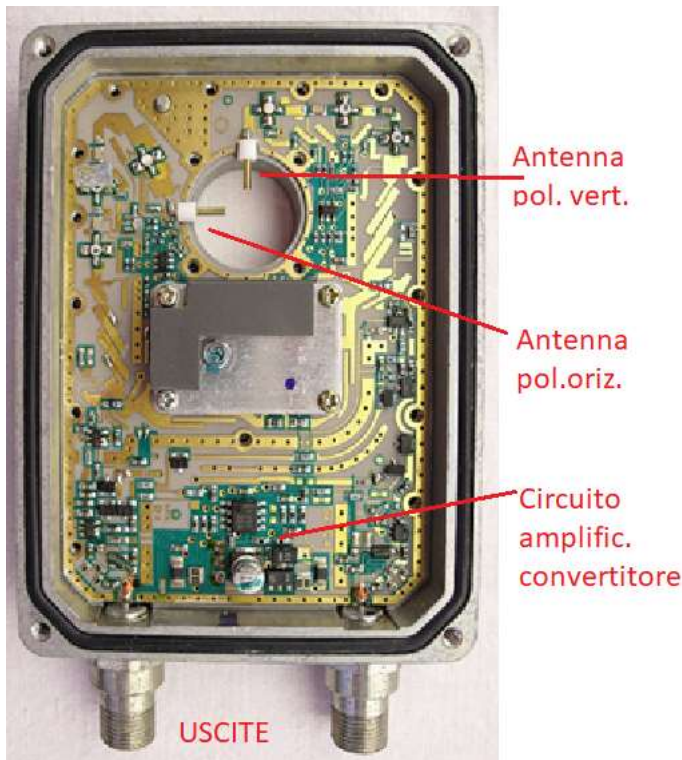
Una evoluzione delle antenne a dipolo , sono rappresentate dalle cosiddette YAGI, presentano oltre che il dipolo , l'antenna vera e propria anche dei conduttori detti "direttori " quando posti davanti all'antenna o "riflettori" se posti dietro all'antenna .

I direttori servono a rendere più "direttiva " l'antenna, cioè servono a ridurre il fascio di ricezione ( o trasmissione) e a far convergere una maggior quantità di onde elettromagnetiche sul dipolo. In pratica maggiore è il numero dei direttori, più stretto sarà l'angolo di ricezione ( o trasmissione) e maggiore sarà l'efficienza in tale direzione. I riflettori invece, "rimandano" sul dipolo quelle onde elettromagnetiche che hanno oltrepassato l'antenna .

## Antenne paraboliche



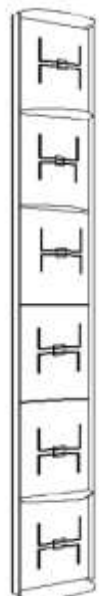
Queste antenne, generalmente utilizzate per sistemi di trasmissione o ricezione con frequenze di funzionamento nell'ordine dei GHz o decine di GHz , non hanno direttori, ma soltanto un grande riflettore con forma di parabola . L'antenna, di piccole dimensioni, (per esempio, per la frequenza di 12 GHz, tipica delle trasmissioni TV satellitari, hanno una lunghezza di circa 1,25 cm. ) è collocata all'interno di un dispositivo elettronico detto LNB (Low Noise Block-converter) detto anche "illuminatore" , posizionato nel fuoco della parabola , dove vengono concentrate le onde elettromagnetiche riflesse dalla parabola . Il convertitore elettronico LNB ha il compito di amplificare il segnale e convertirlo ad una frequenza inferiore (tra 0,9 e 2,1 GHz) adatta ad essere inviata al decoder attraverso il cavo coassiale.



4 LNB Illuminatore satellitare

LNB Circuito elettronico interno. Sono visibili le antenne ( di tipo Stilo ) adatte per la ricezione di segnali polarizzati sia orizzontalmente che verticalmente.

### Antenne a pannello per UHF e stazioni radio base e ripetitori per cellulari



Le antenne a pannello che si utilizzano nelle stazioni radio base sono generalmente realizzate per mezzo di allineamenti verticali di dipoli con un riflettore metallico alle spalle (vedi figura ).

I dipoli possono essere verticali (per avere polarizzazione verticale) o disposti ad x (per avere polarizzazione duale  $\pm 45^\circ$  e sfruttare la diversità di polarizzazione in ricezione) Il riflettore metallico serve a "riprendere" parte delle onde elettromagnetiche che il dipolo non riesce a rilevare.

Esistono a volte delle flange metalliche laterali che servono a rendere più direttiva l'antenna.

## La trasmissione via satellite

I satelliti sono piccoli dispositivi che ruotano attorno alla terra senza mai cadere in quanto la forza centrifuga dovuta alla loro velocità di rotazione riesce a compensare la forza gravitazione terrestre.

Ce ne sono circa 7000 che ruotano attorno alla terra e sono mediamente grandi quanto una utilitaria. Sono dotati di antenna di trasmissione e di ricezione, pannelli solari, sistema di ricarica batteria, eventuali strumenti di rilevazione, di sensori e piccoli motori per la correzione della rotta.



Poiché i satelliti sono in orbita al di fuori dell'atmosfera, la resistenza opposta dall'aria è praticamente assente, quindi per la legge d'inerzia la velocità del satellite è costante e il risultato è un'orbita stabile, per molti anni, attorno alla Terra.

Esistono satelliti di ogni tipo e posizionati a diverse distanze dalla superficie della terra. Gran parte dei satelliti artificiali vengono utilizzati per la Meteorologia, a scopi militari o di spionaggio, per il controllo della posizione (GPS) e soprattutto per la trasmissione dati.

La spinta gravitazionale diminuisce più ci si allontana dalla Terra, mentre la forza centrifuga aumenta di pari passo con l'aumento della velocità orbitale. Quindi un satellite in un'orbita bassa, cioè a una distanza di circa 800km dalla Terra, è esposto ad una forte attrazione gravitazionale e si deve spostare ad una velocità considerevole per generare una forza centrifuga di pari entità.

C'è quindi una connessione diretta tra la distanza dalla Terra e la velocità orbitale del satellite.

Quaderni di elettronica - ing. Guerino Mangiamele Cenni sulle antenne per trasmissione radio

Tra i 400 e 1000 Km di altezza ci sono i satelliti per telecomunicazioni in orbita bassa.

Per esempio la costellazione di satelliti Starlink di SpaceX di proprietà di Elon Musk e utilizzati per le comunicazioni internet ad alta velocità sono collocati a circa 400-500 Km dalla superficie terrestre mentre i satelliti della serie Galileo dell'ESA per il posizionamento GPS, sono collocati ad una quota di circa 23000 Km.



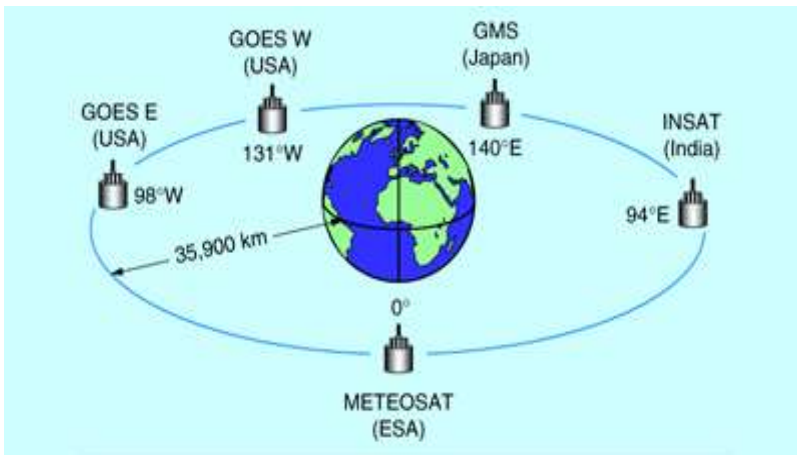
### *3 La costellazione di satelliti starlink SPACEX*

#### **L'orbita geostazionaria**

A una distanza di circa 36000 km, l'orbita ha una durata di 24 ore, pari al tempo di rotazione della Terra. A questa distanza un satellite in orbita sopra l'Equatore sarà stazionario in rapporto con la Terra, cioè girerà alla stessa velocità angolare della terra.

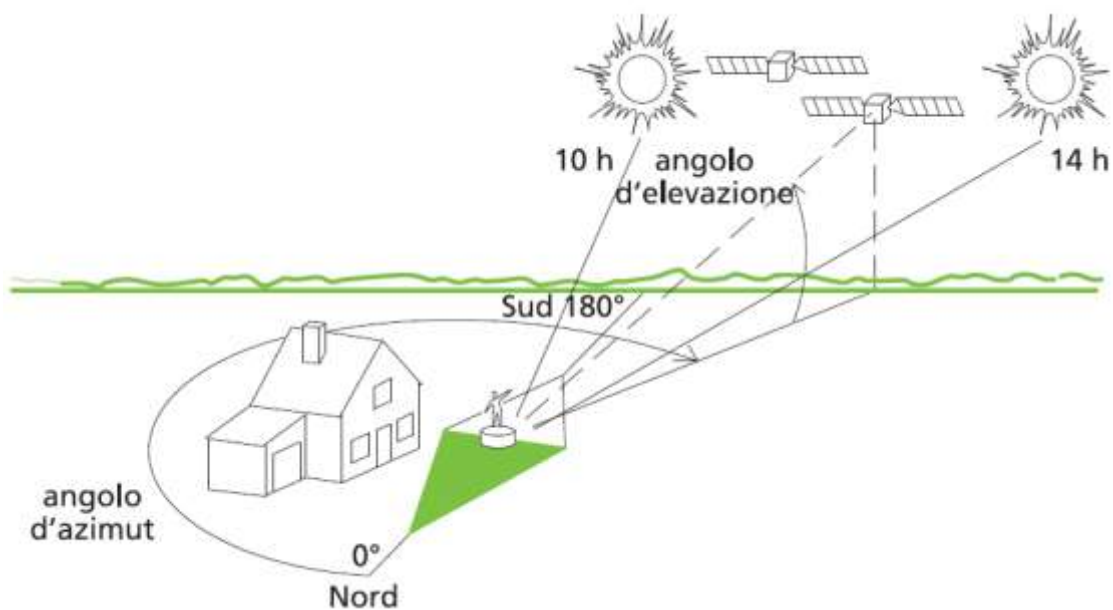
Questo ci permetterà di indirizzare e fissare la nostra parabola per la ricezione di segnali televisivi in un punto specifico del cielo con la garanzia di ricevere sempre il segnale in quanto un satellite che orbita a 36000 Km dalla terra ruoterà sempre alla stessa velocità angolare terrestre, quindi con posizioni relative reciproche che rimangono costanti nel tempo.

Le orbite geostazionarie ad una distanza di 36000 km dall'Equatore sono utilizzate principalmente dai numerosi satelliti di telecomunicazione tra cui quelli televisivi, per esempio SKY o TIVUSat o MeteoSat per le rilevazioni meteorologiche. I segnali provenienti da questi satelliti possono essere inviati in qualsiasi parte del mondo.



Meteosat e altri satelliti in orbita geostazionaria

Uno svantaggio delle orbite geostazionarie risiede nella grande distanza dalla Terra che riduce la risoluzione spaziale raggiungibile. Per ottenere una panoramica globale, vi sono molti satelliti meteorologici in orbita geostazionaria distribuiti uniformemente in varie parti del mondo.



*Angolo di Azimut e di elevazione per la ricezione dei satelliti televisivi "Hot Bird"*