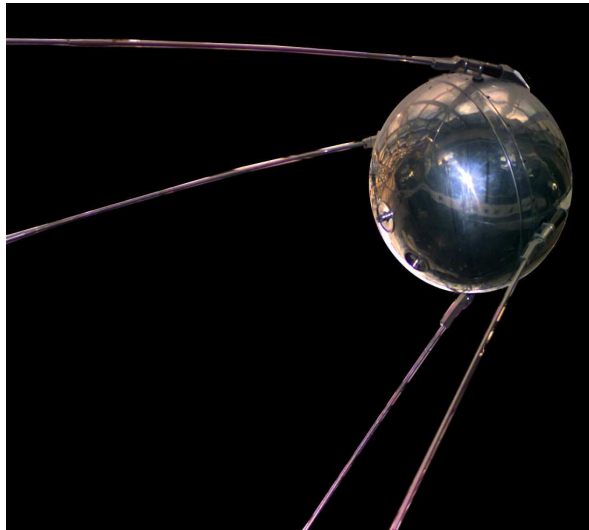


# L'era dei Satelliti Artificiali



Janet Ngadiuba  
Classe 5AET  
A.S. 2007/2008

# INDICE

<b>PREMESSA</b> .....	1
<b>I SATELLITI ARTIFICIALI</b> .....	2
● <b>STRUTTURA E FUNZIONAMENTO DI UN SATELLITE ARTIFICIALE</b> .....	3
Messa in orbita di un satellite .....	4
Sistema di alimentazione dei satelliti .....	8
● <b>CARATTERISTICHE TECNICHE</b> .....	8
Principali caratteristiche delle stazioni di terra .....	8
Gestione dei canali di trasmissione: transponder e multiplexing .....	9
Transponder (TRANSmitter resPonder).....	10
Tecniche di accesso multiplo.....	10
Antenne delle stazioni di terra.....	12
Servizio dei satelliti in relazione alle modalità di connessione.....	12
● <b>UTILIZZI</b> .....	12
GPS.....	12
Leosar e Geosar: satelliti di soccorso.....	15
Telerilevamento.....	16
Osservazioni astronomiche al di fuori dell'atmosfera.....	19
Comunicazioni satellitari.....	20
Televisione satellitare.....	22
● <b>STORIA: LA GUERRA FREDDA</b> .....	23
● <b>LETTERATURA: IL GENERE FANTASCIENTIFICO</b> .....	27
● <b>BREVETTI E CENNI SULLA REGOLAMENTAZIONE DELL'USO DEI SATELLITI ARTIFICIALI</b> .....	28
● <b>SATELLITI RADIOAMATORIALI</b> .....	30
Antenne.....	35
Preamplificatori.....	36
● <b>SUMMARY</b> .....	42
● <b>CONCLUSIONI E BIBLIOGRAFIA</b> .....	42

## PREMESSA

Ho sempre trovato stupefacente il rapido progresso nelle telecomunicazioni dall'invenzione della radio fino all'espansione della tecnologia digitale. Mi è sembrato poi particolarmente affascinante il fatto di poter comunicare e trasmettere immagini su lunghe distanze attraverso l'ausilio di complessi apparati situati nello spazio, lo stesso spazio che si era sempre pensato irraggiungibile e misterioso. Poter operare nello spazio e dallo spazio rappresenta un traguardo importante nello sviluppo della nostra tecnologia: con l'avvento dei satelliti si è stati in grado di compiere studi approfonditi sul nostro pianeta e di migliorare notevolmente il nostro sistema di comunicazione e di informazione internazionali (basti pensare a comodità come i telefoni cellulari e la televisione satellitare).

I satelliti artificiali non rappresentano solo un aspetto del progresso tecnologico, ma svolgono un ruolo di grande rilievo anche a livello storico: quando nel secondo dopoguerra le due superpotenze USA e URSS combattevano la così detta "Guerra Fredda" la corsa allo spazio, con il lancio di satelliti e navicelle, era il punto più elevato della sfida per la supremazia planetaria, che dallo sport all'apparato bellico permeava ogni aspetto della politica mondiale.

Dopo aver approfondito gli aspetti tecnologici di questo argomento, che coinvolgono tutte le materie di indirizzo della mia specializzazione, ho sviluppato anche alcuni temi interdisciplinari di carattere storico, legislativo, letterario e linguistico. Ho avuto a proposito la conferma della grande importanza della lingua inglese per acquisire e interpretare le informazioni.

Nel corso dell'anno ho anche avuto modo di partecipare al corso serale che la scuola ha organizzato insieme all'Associazione Radioamatori Italiana sezione "Flobert Pavan" in cui ho appreso diverse nozioni sul funzionamento dei satelliti e sullo sviluppo della tecnologia satellitare dagli albori ad oggi. Come coronamento dell'esperienza radioamatoriale l'Associazione ha dato anche la possibilità ai partecipanti al corso di effettuare una prova pratica di comunicazione satellitare.

La prova consisteva nel riuscire ad effettuare il collegamento con il satellite radioamatoriale VO-52 e riuscire a comunicare con altri radioamatori collegati allo stesso satellite.

Gli apparati elettronici utilizzati sono stati in parte forniti dall'ARI e in parte realizzati da noi partecipanti al corso: in particolare ci è stata affidata la costruzione delle antenne ricevitrici e trasmettenti, dei loro preamplificatori di segnale e del distributore su più canali per l'ascolto dei messaggi.

# I SATELLITI ARTIFICIALI

I satelliti artificiali sono dei ripetitori a radiofrequenza provvisti di antenne per la ricezione e la trasmissione dei segnali da e verso Terra. Attraverso un dispositivo chiamato transponder sono in grado di ricevere un segnale ad una determinata frequenza e di trasmetterlo ad un'altra; il transponder, infatti, ha la funzione di amplificare il segnale ricevuto così da poterlo trasmettere alla potenza necessaria (che è dell'ordine di 10-100W contro i 100pW-1nW del segnale di ingresso) e di modificar la frequenza della sua portante. Maggiore è il numero dei transponder maggiore è il numero di canali gestibili da un singolo satellite.

I satelliti si distinguono in base alla distanza a cui si trovano dalla Terra e in base al tipo di orbita che percorrono.

Le principali orbite satellitari sono la LEO ( Low Earth Orbit), la MOLNYA e quella geostazionaria (orbita di Clark).

L'orbita LEO è un'orbita ellittica che ha il suo apogeo ( punto dell'orbita più lontano dalla Terra) a meno di 2000 km dalla superficie terrestre, quindi sotto le fasce di Van Allen ( particolari zone dell'atmosfera cariche di radiazioni) così che i satelliti che girano attorno alla Terra in orbita LEO sono poco soggetti a disturbi. Particolari orbite LEO sono quelle polari: orbite ellittiche inclinate di 90° rispetto al piano equatoriale ad una distanza dalla superficie terrestre pari a 900-1000 km. I satelliti polari percorrono il loro moto intorno al pianeta da Nord a Sud ad una velocità superiore a quella della rotazione terrestre, essendo a bassa quota, infatti, devono avere un'elevata velocità di rotazione in grado di contrastare la forza di attrazione verso il nostro pianeta.

Ogni satellite polare impiega circa 100 minuti a completare la sua orbita e vengono effettuate circa 14 orbite al giorno.

Questi satelliti, grazie alla loro velocità, vengono utilizzati quando è necessario coprire tutti i punti della superficie terrestre in un certo tempo: un satellite polare, infatti, ruota attorno alla Terra mentre essa ruota su se stessa, quindi è in grado di vederla tutta.

Data la loro vicinanza alla Terra, con questo tipo di satelliti si è in grado di trasmettere segnali a bassa potenza e con basso ritardo di propagazione.

Per contro, però, si può dire che un satellite polare, a causa della sua elevata velocità non è in grado di fornire aggiornamenti a breve termine della situazione che si sta monitorando, è infatti programmato per passare sopra una data area ogni 6 o 12 ore e non resta visibile ad un'antenna per non più di 12-15 minuti ed, essendo il campo di copertura abbastanza ristretto, per poter gestire una regione più vasta in un certo intervallo di tempo è necessario lanciare nello spazio diversi satelliti posti su opportune orbite.

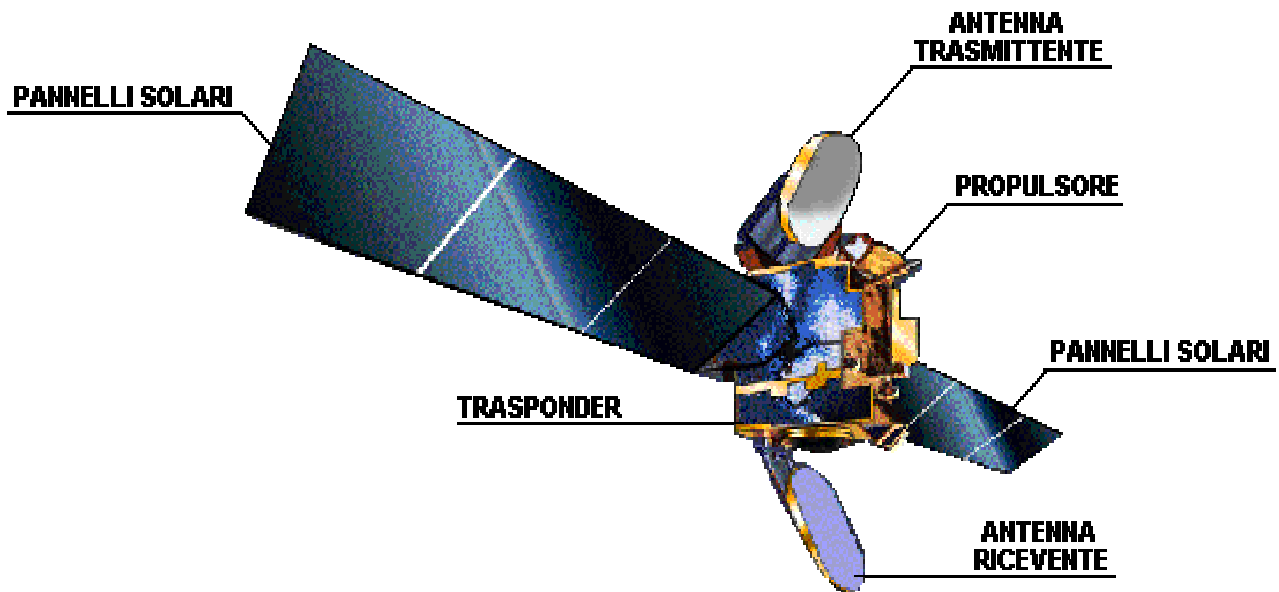
L'orbita MOLNYA, invece, è fortemente ellittica, inclinata di 50°-60° gradi rispetto al piano equatoriale. I satelliti posti in orbita MOLNYA orbitano solo attorno all'emisfero boreale della Terra e incontrano l'apogeo a 40 000-50 000 km dalla superficie terrestre. Ad una distanza pari a quella dell'apogeo dell'orbita MOLNYA i satelliti sembrano fermi da Terra, quindi sono perfettamente visibili dalle antenne anche per diverse ore.

A differenza delle orbite LEO e MOLNYA l'orbita geostazionaria è un'orbita circolare e giace sul piano dell'Equatore. Un satellite geostazionario orbita attorno alla Terra da Est a Ovest ad una distanza dalla superficie terrestre pari a circa 36 000 km e alla stessa velocità del nostro pianeta, in quanto ad una tale distanza la forza di attrazione gravitazionale è minore e quindi contrastabile anche a velocità non troppo elevate. Orbitando attorno al nostro pianeta ad una distanza considerevole e alla stessa velocità della rotazione terrestre, i satelliti geostazionari risultano immobili a chi li osserva da terra.

Se si lavora con i satelliti polari è necessario utilizzarne molti per coprire una zona abbastanza ampia, mentre bastano tre satelliti geostazionari per riuscire a coprire tutto il globo, infatti un satellite di questo tipo è in grado di vedere un terzo del pianeta; inoltre i sistemi di ricezione a terra sono meno complessi nella realizzazione, essendo infatti un satellite geostazionario fermo rispetto alla Terra non si necessita di antenne inseguatrici per poterne captare i segnali. Nonostante ciò, i

segnali trasmessi da questo tipo di satelliti hanno una potenza più elevata rispetto a quelli dei satelliti polari e subiscono una maggior attenuazione, questo perché la distanza Terra-satellite è maggiore.

## STRUTTURA E FUNZIONAMENTO DI UN SATELITE ARTIFICIALE



Un satellite è sostanzialmente costituito da due parti: il carico (payload) e la piattaforma (platform). Il carico è costituito dal transponder e dalle antenne per la trasmissione e la ricezione, mentre la piattaforma del satellite comprende tutti i dispositivi necessari al funzionamento del carico: la struttura meccanica, l'impianto di alimentazione (realizzato con pannelli solari e accumulatori), un sistema in grado di rilevare e controllare l'altezza da terra e l'orbita del satellite, apparati di propulsione adibiti al mantenimento dell'orbita prestabilita e un sistema di comunicazione con la stazione di controllo.

## MESSA IN ORBITA DI UN SATELLITE

Un satellite, per raggiungere la sua orbita, deve essere lanciato nello spazio a bordo di un razzo vettore in grado di raggiungere una velocità tale da uscire dall'atmosfera terrestre.

Durante il percorso tra la Terra e l'orbita satellitare il razzo si stacca gradualmente dal satellite, in questo modo il satellite acquista velocità (in base al terzo principio della dinamica).



Più il satellite si allontana dall'atmosfera più la sua velocità aumenta fino ad arrivare, in prossimità dell'orbita da raggiungere, alla prima velocità cosmica (8 km/s), la velocità minima necessaria al mantenimento dell'orbita.

Nel caso in cui si debbano effettuare correzioni dell'orbita la stazione di controllo provvede all'accensione dei propulsori montati sul satellite e allo spostamento dello stesso. La stazione di controllo è, infatti, in grado di operare sui vari elementi del satellite in base alle informazioni che trasmette sul suo funzionamento.

Oltre ad essere monitorato da terra, il funzionamento di un satellite è regolato da un microcontrollore montato a bordo, programmato in modo tale da gestire l'interazione fra i vari componenti del satellite in base all'uso che si vuole fare del satellite stesso (il microcontrollore, ad esempio, gestisce i transponder, quindi decide quale rendere attivo e quale no).

Il primo satellite messo in orbita fu il sovietico Sputnik, lanciato il 4 ottobre 1957 a bordo di un missile intercontinentale; i primi lanci, infatti, vennero effettuati utilizzando missili da guerra, che per la loro grandezza, si prestavano perfettamente a contenere un satellite artificiale.

Oggi giorno, dato l'elevato costo dei razzi, per la messa in orbita dei satelliti vengono utilizzate navicelle spaziali dotate di equipaggio e in grado di compiere più di un viaggio nello spazio (al contrario dei razzi che, una volta portato il satellite sulla sua orbita, si disintegrano a contatto con l'atmosfera terrestre ricadendo verso il nostro pianeta) rendendo così possibili anche operazioni di manutenzione in orbita, ma il sofisticato contenuto tecnologico dell'operazione di lancio rende la conquista dello spazio un'impresa onerosa e quindi alla portata di pochi Paesi.

Fra le più importanti agenzie spaziali cito l'ESA (Agenzia Spaziale Europea) e la NASA (Amministrazione Nazionale dell'Aeronautica e dello Spazio).



L'ESA fu fondata nel 1975 allo scopo di coordinare i progetti spaziali di 17 Paesi europei. Ha sede a Parigi e vari distaccamenti in tutta Europa fra cui l'ESTEC (centro per le missioni scientifiche) nei Paesi Bassi, l'ESOC (centro controllo missioni ESA) in Germania e l'ESRIN (istituto europeo per la ricerca spaziale) in Italia.

Dopo essersi appoggiata per anni agli Stati Uniti per la messa in orbita di sonde e telescopi, nel 1979 l'ESA effettuò il primo lancio su di un proprio vettore, il missile Ariane, diventando dal 1990 il principale competitore della NASA nell'esplorazione spaziale. Attualmente l'agenzia europea collabora con la Russia, considerata all'avanguardia dall'ente spaziale europeo per quanto riguarda lo sviluppo dei lanciatori (i razzi che vengono utilizzati per portare i satelliti artificiali in orbita). L'agenzia spaziale europea possiede tre tipi di lanciatori: l'Ariane, lo Sojuz e Vega. L'Ariane è lo storico vettore ESA, sviluppato in 5 versioni successive. Nella sua ultima versione (Ariane 5) è in grado di trasportare dalle 6 alle 10 tonnellate fino ad un'orbita geostazionaria e 21 tonnellate fino ad un'orbita polare.



Ariane 5  
l'ultimo razzo  
sviluppato dall'ESA

Lo Sojuz è stato acquistato nel 2007 dall'agenzia spaziale russa. Secondo l'accordo stipulato tra l'ESA e la Russia, i vettori verranno costruiti dall'agenzia sovietica e assemblati dall'ESA nella Guiana Francese, la cui base, situata a Kourou, sarà resa disponibile all'ente spaziale russo. Grazie a questa collaborazione l'agenzia europea si trova in possesso di un lanciatore in grado di trasportare fino a 3 tonnellate in un'orbita geostazionaria e per il quale non deve sostenere i costi di sviluppo, mentre la Russia dispone di una base di lancio molto vicina all'equatore e quindi strategica per i lanci in orbita equatoriale.



Lancio dello Sojuz

Il lanciatore Vega, invece, è utilizzato per trasporti su orbite LEO di carichi di 1,5 tonnellate. Un ruolo importante nel progetto di sviluppo di Vega lo svolge l'Italia che copre circa il 65% dei costi di ricerca e produzione.



Lanciatore Vega

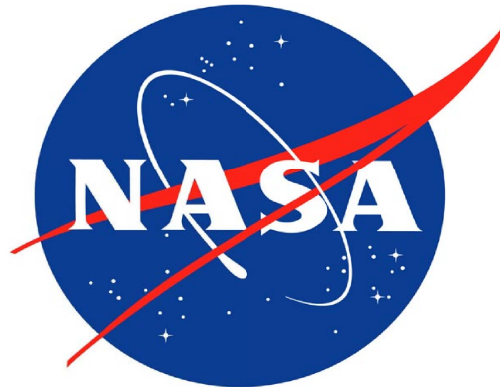
Nata come agenzia spaziale volta alle scoperte scientifiche, dal 1983 l'ESA cominciò ad interessarsi dell'esplorazione umana dello spazio facendo partecipare un suo astronauta (il tedesco Ulf Merbold) alla missione spaziale statunitense dello Space Shuttle STS-9, la prima missione spaziale ad utilizzare lo Spacelab europeo.

Divenendo sempre più frequenti le missioni spaziali europee che vedevano come protagonisti gli astronauti, nel 1990 venne creato a Colonia l'European Astronaut Centre allo scopo di selezionare e addestrare gli astronauti.

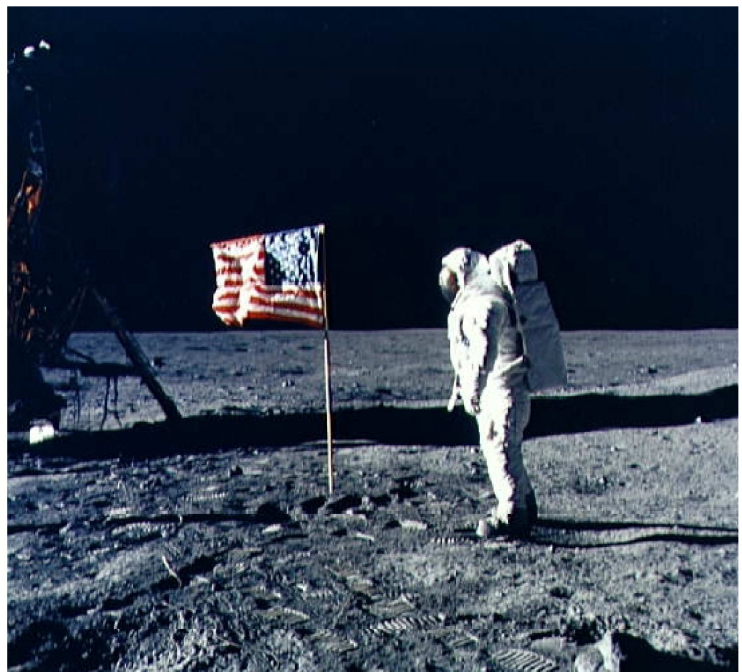
Dopo il progetto mai realizzato dello Space Shuttle europeo Hermes, l'ESA vede ora nel Kliper e nell'Hopper, l'alternativa europea all'americano Orione.



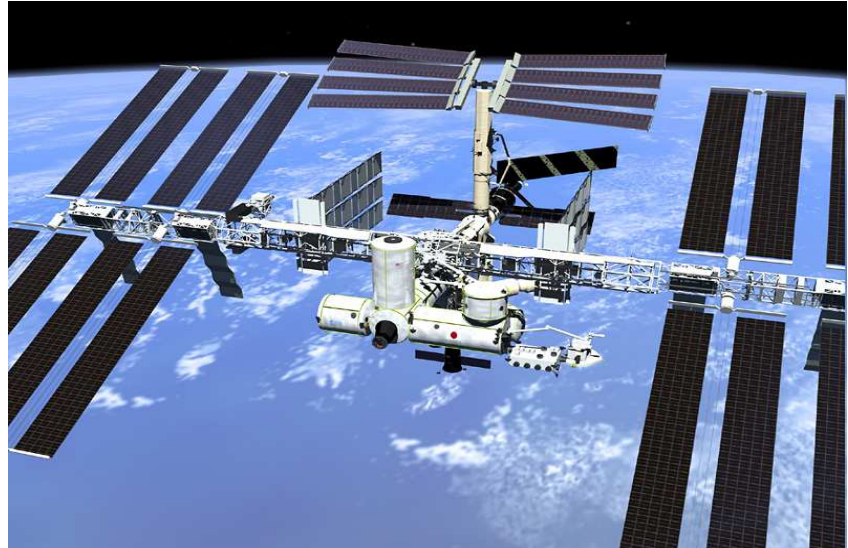
Pur non dimenticando l'impegno scientifico, l'ESA attualmente collabora alla realizzazione della ISS (Stazione Spaziale Internazionale) ed è impegnata nel progetto Galileo che consiste nella realizzazione di un sistema GPS congiunto europeo e cinese.



Nata nel 1958 a seguito del lancio da parte dei sovietici dello Sputnik I, la NASA si pose come obiettivo far risaltare gli Stati Uniti in campo tecnologico rispetto all'Unione Sovietica e a tale scopo si concentrò sin da subito sulle missioni spaziali che prevedevano la presenza dell'uomo nello spazio. Partì quindi il programma Mercury che si occupava di verificare la possibilità di mandare un uomo nello spazio, cosa che avvenne nel 1961 quando l'astronauta statunitense Alan Shepard compì un volo suborbitale di 15 minuti. Dopo varie prove, il 20 luglio 1969, Neil Armstrong, a bordo dell'Apollo 11, sbarcò sulla Luna.



Considerata una delle più importanti agenzie spaziali, la NASA opera in campo scientifico con il lancio delle sue numerose sonde (famosa quella su Marte) e dei suoi sofisticati telescopi e si dedica all'ampliamento della stazione spaziale orbitante ISS organizzando numerose missioni spaziali aventi come protagonisti gli Space Shuttle, le famose navicelle statunitensi dotate di equipaggio.



## **SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DEI SATELLITI**

I primi satelliti mandati in orbita erano alimentati a batteria e non disponendo di mezzi per ricaricarle la loro permanenza nello spazio era abbastanza limitata. Al giorno d'oggi, invece, numerosi pannelli solari montati sul satellite e la loro posizione viene costantemente orientata in direzione del Sole; essi hanno lo scopo di generare l'energia elettrica necessaria all'alimentazione delle componenti del satellite stesso.

Durante la sua rotazione attorno alla Terra, il satellite è spesso soggetto a periodi di ombra dovuti alle eclissi di Sole da parte del nostro pianeta; durante queste fasi l'alimentazione del satellite è garantita dagli accumulatori montati al suo interno che vengono ricaricati dai pannelli solari durante i periodi di esposizione al Sole.

## **CARATTERISTICHE TECNICHE**

Un sistema di comunicazione satellitare, oltre ai satelliti, necessita di stazioni di terra in grado di ricevere e trasmettere le informazioni sotto forma di onde radio elettromagnetiche.

## **PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI DI TERRA**

In una stazione di terra sono presenti un'antenna per la trasmissione e la ricezione dei segnali satellitari e vari dispositivi per l'amplificazione, la modulazione e la demodulazione del segnale. Le stazioni di terra sono provviste di un demodulatore in grado di ottenere l'informazione contenuta nel segnale e di due amplificatori: un preamplificatore a basso rumore in grado di amplificare il segnale ricevuto eliminando il più possibile i disturbi, e un amplificatore di potenza in grado di trasmettere il segnale alla potenza più idonea per la comunicazione.

La comunicazione verso il satellite e quella da satellite avvengono a due frequenze differenti: la frequenza alla quale un segnale è inviato al satellite è detta frequenza di up-link, mentre quella alla

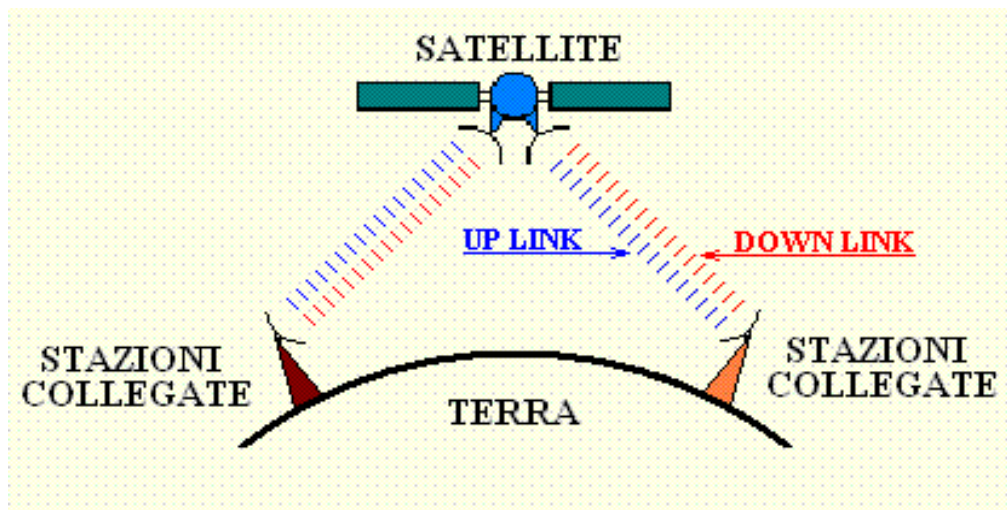
quale una stazione di terra riceve un segnale è detta di down-link. Questa separazione è necessaria al fine di evitare interferenze fra i segnali inviati dal satellite e quelli che riceve. La frequenza di up-link è maggiore di quella di down-link perché, dal momento che a parità di distanza a frequenze maggiori è necessaria una potenza di trasmissione maggiore, è più facile generare potenza in radiofrequenza in una stazione di terra piuttosto che a bordo di un satellite dato che la potenza di un amplificatore di una stazione di terra è 10÷100 volte maggiore di quella di un amplificatore satellitare; inoltre l'alta frequenza del segnale trasmesso al satellite rende possibile installare antenne di piccole dimensioni a bordo dei sistemi orbitanti.

$$\text{Lunghezza antenna} = \frac{\text{Lunghezza d'onda}}{2} = \frac{\lambda}{2}$$

$$\lambda = \frac{\text{velocità}}{\text{frequenza}}$$

**la lunghezza d'onda diminuisce all'aumentare della frequenza**

La banda di frequenza per entrambi i collegamenti di up-link e di down-link è di 500 MHz ed è suddivisa in 12 bande da 36 MHz che, in base al tipo di utilizzo del satellite ( per la telefonia, per la trasmissione di dati, per la trasmissione televisiva), sono suddivise in un certo numero di canali.

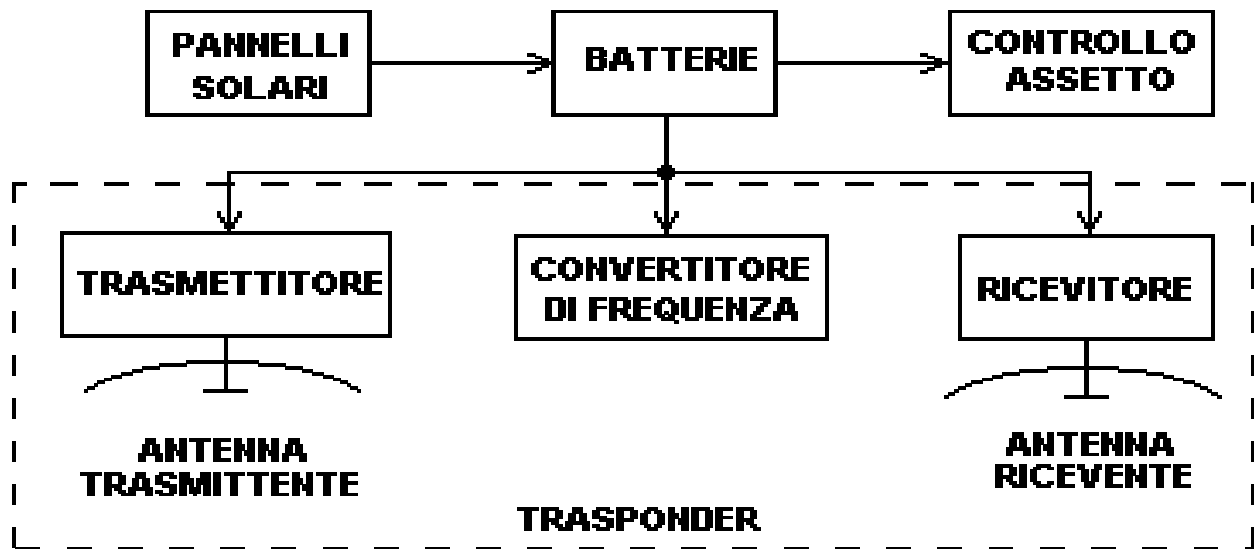


## **GESTIONE DEI CANALI DI TRASMISSIONE: TRANSPONDER E MULTIPLEXING**

Le comunicazioni satellitari avvengono tra 1GHz e 40GHz così da permettere al segnale di perforare la ionosfera (per evitare le interferenze) e di essere trasmesso dal satellite con antenne di modeste dimensioni (maggiore è la frequenza di trasmissione, minore è la lunghezza dell'antenna). Ogni transponder può ricevere, amplificare e trasmettere un segnale compreso nella banda di 36MHz all'interno della banda di 500MHz.

La capacità di una stazione di terra di utilizzare un satellite per stabilire una via di comunicazione, ovvero la sua capacità di accedere ai canali del satellite, è descritta dalle tecniche di accesso multiplo (tecniche di multiplexaggio).

## TRANSPONDER (TRASmitter resPONDER)



Il transponder amplifica il segnale ricevuto per poterlo trasmettere con la potenza necessaria: il segnale che arriva al satellite ha una potenza dell'ordine di 100pW-1nW, mentre la potenza del segnale trasmesso da satellite è dell'ordine di 10-100W.

Oltre ad amplificare il segnale, il transponder ne cambia anche la frequenza della portante, in modo da evitare che il segnale d'uscita venga scambiato dal transponder stesso per quello d'ingresso. La frequenza alla quale il segnale è ritrasmesso a terra (frequenza di down-link) è minore di quella alla quale il segnale viene trasmesso al satellite (frequenza di up-link), perché la potenza del segnale inviato dal transponder è minore di quella del segnale ricevuto, dato che le antenne delle stazioni di terra (più grandi di quelle montate sui satelliti) sono in grado di trasmettere segnali ad elevata potenza compensando così l'attenuazione che aumenta all'aumentare della frequenza del segnale.

### TECNICHE DI ACCESSO MULTIPLO

L'accesso ad un satellite è detto multiplo perché più stazioni di terra possono collegarsi tra loro attraverso uno stesso transponder di uno stesso satellite.

Le tecniche di accesso più utilizzate sono la FDMA, la TDMA, la CDMA e la SDMA.

**FDMA ( Frequency Division Multiple Access )** : attraverso la tecnica FDMA la banda di frequenza di un transponder viene suddivisa in varie sottobande ognuna delle quali rappresenta un canale identificato da una frequenza portante posta al centro della banda. Una volta che le sottobande vengono assegnate alle stazioni di terra esse sono indipendenti le une dalle altre, quindi le stazioni di terra possono comunicare contemporaneamente con il satellite dal momento che le trasmissioni avvengono a frequenze diverse.

Siccome la frequenza di up-link è maggiore di quella di down-link i satelliti non comunicano con le stazioni di terra all'interno della sottobanda che le stazioni utilizzano per inviare i segnali, i transponder, infatti, prima di trasmettere i segnali alle stazioni di terra li traslano verso frequenze più basse.

Una volta ricevuto il segnale, le stazioni di terra lo demodulano dato che lo ricevono modulato secondo la modulazione FM.

Con questa modalità di accesso si ovvia al problema della sincronizzazione delle stazioni di terra, non esiste infatti una priorità nella comunicazione fra transponder e stazioni perché ognuna di loro opera ad una frequenza differente.



**TDMA (Time Division Multiple Access)** : in base a questa tecnica di accesso le stazioni di terra trasmettono ad intervalli di tempo differenti. Utilizzando la TDMA le stazioni di terra trasmettono per una durata di tempo ben precisa ad intervalli regolari.



Ad ogni stazione di terra viene assegnato un intervallo di tempo (slot) durante ogni trama (frame). All'interno della banda di sicurezza nessun utente è abilitato alla trasmissione, essa serve a compensare i ritardi di propagazione del segnale fra utenti geograficamente distanti.

**CDMA (Code Division Multiple Access)** : questa tecnica di accesso deriva dalla combinazione fra TDMA e FDMA. Ogni stazione di terra può trasmettere ad una certa frequenza in un certo intervallo di tempo e può accedere a questa specifica frequenza e a questo specifico intervallo di tempo mediante un determinato codice.

**SDMA (Space Division Modulate Access)** : con questa tecnica di accesso multiplo la banda del transponder è resa disponibile solo ad un certo numero di stazioni di terra e ciascuna di esse identifica una determinata area geografica agli utenti della quale ritrasmetteranno il segnale ricevuto dal satellite; il transponder è quindi in grado di riconoscere la stazione con cui comunicare in base alla zona di provenienza del segnale. Con la SDMA si ha un notevole risparmio di energia, infatti, le antenne dei vari utenti di una determinata area geografica dovendo comunicare con stazioni di terra e non con il satellite dissiperanno meno potenza. La tecnica SDMA viene utilizzata nel campo della telefonia mobile.

## **ANTENNE DELLE STAZIONI DI TERRA**

Il tipo di antenna utilizzata da una stazione di terra dipende dal tipo di satellite con cui si connette. Se si comunica con un satellite in orbita polare è necessario disporre di un'antenna omnidirezionale o di un'antenna detta inseguitrice, in grado cioè di seguire il percorso del satellite quando questo si trova a transitare nell'arco sopra la stazione di terra.

Le antenne inseguitrici altro non sono che antenne montate su di un sistema a servomeccanismo motorizzato in grado di rilevare la direzione in cui l'intensità del segnale è maggiore e di orientarvi automaticamente l'antenna.

Le antenne più utilizzate per i collegamenti satellitari in generale sono le antenne paraboliche.

Un'antenna parabolica è formata da un illuminatore (antenna primaria) e da un riflettore (parabola); in fase di trasmissione l'energia irradiata dall'illuminatore viene riflessa dalla parabola e trasmessa lungo il suo asse, mentre in ricezione l'energia assorbita viene riflessa dalla parabola e concentrata sull'illuminatore posto sul punto di fuoco. Teoricamente questo tipo di antenna fornisce una bassa attenuazione del segnale e un'alta immunità ai disturbi.

## **SERVIZIO DEI SATELLITI IN RELAZIONE ALLE MODALITÀ DI CONNESSIONE**

I servizi di telecomunicazione via satellite sono sostanzialmente tre:

-FSS (Fixed Satellite Service)

-MSS (Mobile Satellite Service)

-BSS (Broadcast Satellite Service)

**FSS:** permette di creare un ponte radio attraverso un solo ripetitore fra due punti non visibili tra loro.

Inizialmente, negli anni '60, questo servizio operava con segnali a frequenza di 4-6GHz e a bassa potenza, il che rendeva necessario costruire antenne riceventi di notevole grandezza. Attualmente i segnali trasmessi per collegamenti FSS hanno potenza abbastanza elevata e frequenza compresa fra i 20-30GHz e oltre.

**MSS:** si suddivide in MMSS (Maritime Mobile Satellite Service), LMSS (Land Mobile Satellite Service) e AMSS (Aeronautical Mobile Satellite Service).

Per LMSS si utilizzano satelliti LEO data la necessità di tenere in contatto utenti in movimento. La frequenza dei segnali è minore di quella del servizio FSS e la banda è di 1,5 GHz circa.

**BSS (o DBS, Direct Broadcast Satellite):** permette la radiodiffusione diretta da satellite di segnali che possono essere di grande interesse per molti utenti (segnali radio, segnali TV). Le frequenze di lavoro sono comprese fra 12GHz e 18GHz. Essendo il costo dell'apparato ricevente direttamente a carico dell'utente esso non deve essere troppo complesso e il satellite deve avere un'elevata potenza di trasmissione.

## **UTILIZZI**

Le decine di migliaia di satelliti artificiali che orbitano oggi nello spazio sono utilizzate, sia per scopi civili che militari, nel campo scientifico (per il telerilevamento e lo studio dei corpi celesti), meteorologico, della navigazione (per indicare a navi e ad aerei la giusta rotta) e delle telecomunicazioni (internet, tv satellitari, telefoni cellulari).

## **GPS**

Molto importante per quanto riguarda l'utilizzo dei satelliti è il GPS (Global Positioning System), un sistema che, operando in una banda di frequenza che va da 1 GHz a 2,4 GHz (banda L), è in grado di rilevare la posizione sulla Terra degli utenti che sono ad esso collegati.

Creato dal governo statunitense per scopi militari durante la Guerra del Golfo e impiegato oggi anche in campo civile, il GPS è un sistema satellitare mediante il quale un dispositivo



con le adeguate caratteristiche è in grado di rilevare la sua posizione in qualunque momento. Il sistema GPS statunitense è composto da 24 satelliti posizionati su sei orbite circolari a 20 000 km di altitudine in modo tale che almeno sei di essi siano sempre visibili dai ricevitori, ed è in grado di fornire la posizione di un ricevitore a terra con un'imprecisione di circa 30m.

Sul modello del GPS americano i Sovietici, nel 1982, idearono Glonass (Global Navigation Satellite System), formato da 24 satelliti orbitanti a 19 000 km di altitudine.

Sulla ruota del progresso anche la Cina, nel 2000, mise in orbita i suoi satelliti per il rilevamento della posizione: Beidou, utilizzato principalmente per scopi militari.

Ultimo, ma non meno importante, è il progetto europeo Galileo ancora in fase di sviluppo. Una volta ultimato, Galileo sarà dotato di 30 satelliti ( 27 attivi e 3 di scorta) posti su tre orbite a più di 23 000 km di altitudine. Il sistema europeo verrà utilizzato sia per scopi militari che civili.

#### SEGNALI INVIATI DA GALILEO

OS (Open Service): per la navigazione; sono gratuiti

CS (Commercial Service): per applicazioni professionali; ha un flusso di dati maggiore dell'OS in quanto possiede due segnali in più

SOL (Safety of life service): per scopi militari; sono particolari segnali che avvertono gli utenti degli eventuali malfunzionamenti del sistema Galileo

PRS (Public Regulated Service): servizio criptato per gli enti pubblici ai quali deve essere garantita la continuità del servizio e la protezione contro infiltrazioni e interferenze

SAR (Search and Rescue Service): segnali di sostegno alla protezione civile

## Funzionamento del sistema GPS

Il sistema GPS è formato da:

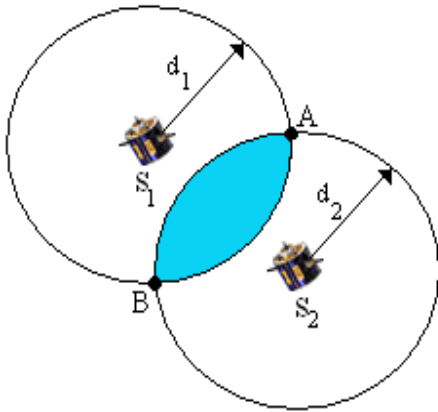
- un gruppo di satelliti che orbitano attorno alla Terra a 20 000 km dalla superficie terrestre (sezione orbitante);
- una stazione di terra (un ricevitore provvisto di antenna);
- una stazione di controllo che monitorizza e garantisce il funzionamento dell'intero sistema.

Prendendo come punto di riferimento i satelliti del sistema posti su precise orbite, il GPS è in grado di rilevare la posizione di un utente misurando la sua distanza dai satelliti.

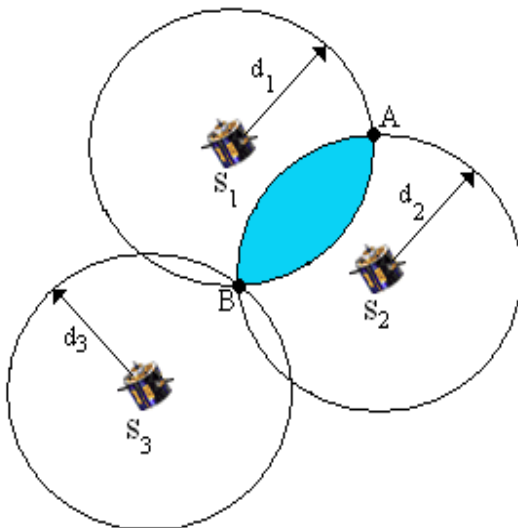
Conoscendo il tempo impiegato da un segnale radio inviato dalla stazione orbitante per raggiungere la stazione di terra e la sua velocità (pari a quella della luce, 300000km/s) si è in grado di stabilire la distanza tra i satelliti del GPS e il ricevitore.

$$d = \text{velocità} * \text{tempo}$$

Per stabilire la posizione del ricevitore bisogna conoscere la sua distanza da almeno tre satelliti.



Sapendo la distanza del ricevitore da due satelliti si è in grado di individuare due probabili punti (A e B) in cui potrebbe trovarsi il satellite



Sapendo la distanza del ricevitore da tre satelliti si è in grado di escludere uno dei due punti

Per avere una conoscenza precisa della posizione del ricevitore bisogna sapere esattamente quanto impiega il segnale per arrivare dal satellite a terra, questo significa che sia il satellite che il ricevitore devono essere muniti di orologi perfettamente sincronizzati tra loro. Quando il satellite invia il segnale, l'orologio satellitare e l'orologio del ricevitore generano contemporaneamente lo stesso codice digitale.

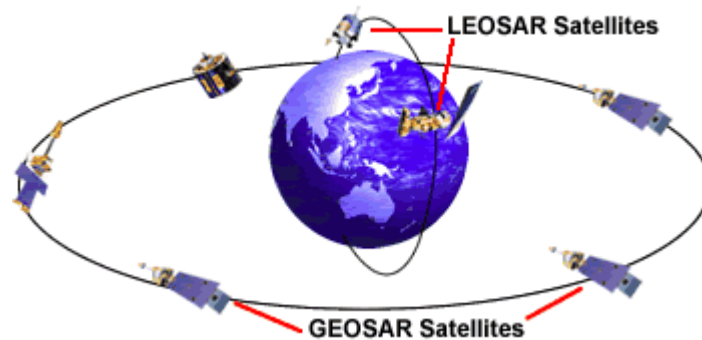
La precisione nella misurazione del tempo da parte della sezione orbitante è data dalla presenza su ogni satellite di 4 orologi atomici che basano lo scandire del tempo sulla frequenza alla quale oscilla un atomo.

La sincronizzazione è importantissima, la minima differenza fra gli orologi causa un errore nella misurazione della distanza dal satellite di km.

Non potendo disporre di orologi atomici anche a terra, dato il loro elevato costo, i computer del GPS sono programmati in modo tale da rilevare le imperfezioni delle misurazioni temporali del ricevitore ed aggiustarle in modo da fornire più precisamente la posizione dell'utente.



## LEOSAR E GEOSAR: SATELLITI DI SOCCORSO



I sistemi satellitari LEOSAR e GEOSAR fanno parte del progetto COSPAS-SARSAT ideato da Canada, Usa, Francia e Russia allo scopo di aiutare le squadre impiegate in operazioni SAR (ricerca e soccorso).

Attraverso il sistema COSPAS-SARSAT si è in grado di convogliare più velocemente le richieste di soccorso, con i relativi dati di provenienza, agli organi competenti.

### Leosar

Il sistema satellitare Leosar si avvale dell'utilizzo di sette satelliti in orbita polare (orbita LEO) e di trasmettitori di emergenza a terra chiamati Beacon che operano sulle frequenze di 121.5 MHz e 406 MHz.

Il segnale lanciato dai Beacon viene ritrasmesso alle stazioni di terra LUT (terminali di uso locale) che, elaborando il segnale, ricavano le coordinate geografiche del Beacon e le trasmettono agli MCC (centro controllo missioni) che, a seconda della loro posizione, le ritrasmettono ad altri MCC, agli SPOC (punti di contatto per la ricerca e il soccorso) o agli RCC (centro coordinamento soccorso) per la distribuzione alle organizzazioni SAR (protezione civile, vigili del fuoco ecc).

La scelta di utilizzare satelliti a bassa quota deriva da due ragioni: la prima è che, grazie alla loro relativa vicinanza alla Terra, viene richiesta una potenza limitata per la trasmissione dei Beacon; la seconda è che un satellite polare è in grado di coprire tutto il globo in circa 12 ore, di conseguenza diversi satelliti posti su diversi piani orbitali sono in grado di fornire informazioni in breve tempo. I satelliti forniti dalla Russia costituiscono il sistema COSPAS e sono posti a circa 1000km dalla superficie terrestre, mentre i satelliti forniti dagli USA orbitano a circa 850km d'altezza in sincronismo con il Sole e costituiscono il sistema SARSAT i cui Beacon sono forniti da Francia e Canada.

Ogni satellite compie un'orbita intera intorno ai poli in circa 100 minuti ad una velocità di 7 km/s ed è in grado di vedere un'area delle dimensioni di un continente ( un satellite riesce a coprire una fascia avente ampiezza maggiore ai 4000km).

La visibilità di tali satelliti da terra è di circa 10-15 minuti.

### Geosar

Il sistema satellitare Geosar si avvale dell'utilizzo di Beacon in grado di trasmettere a 406 MHz e di tre satelliti posti in orbita geostazionaria aventi il compito di ritrasmettere il segnale ricevuto alle stazioni di terra GEOLUT.

I satelliti Geosar, al contrario di quelli Leosar, sono in grado di fornire una copertura costante del globo, di conseguenza non si corre il rischio di ricevere richieste di aiuto in ritardo. Nonostante il pregio di essere in grado di fornire informazioni in tempo reale, i satelliti geostazionari non coprono le regioni polari, per questo motivo i sistemi Geosar e Leosar vengono usati in maniera

complementare così che l'uno compensi alle carenze dell'altro. L'effetto doppler (ritardo) del sistema Laosar può essere attenuato dai segnali provenienti dal sistema Geosar .

## **TELERILEVAMENTO**

Il telerilevamento consiste nell'acquisizione e nell'elaborazione delle informazioni relative a superfici planetarie.

Esso nacque alla fine dell'Ottocento con le prime riprese fotografiche aeree effettuate per scopi militari. Negli anni '60, con la corsa allo spazio, nacque il telerilevamento da piattaforme spaziali in orbite polari, finalizzato inizialmente ad usi militari e poi esteso allo studio delle atmosfere e delle superfici planetarie.

Il telerilevamento satellitare si basa sulla rilevazione dell'intensità delle onde elettromagnetiche inviate dai vari materiali presenti sulla superficie del pianeta e nella sua atmosfera, in base a questo dato si è poi in grado di risalire al tipo di materiale osservato, dato che non tutti emanano lo stesso tipo di radiazioni.

L'utilizzo di satelliti in orbita polare permette di ricevere immagini ad alta definizione e di compiere studi più accurati su di un pianeta.

## **Satelliti meteorologici**

Una branca del telerilevamento è la meteorologia, che si occupa dello studio dell'atmosfera per determinare le condizioni meteorologiche di un pianeta e prevederne quelle future.

Nel campo meteorologico ci si avvale del supporto di satelliti artificiali in orbita polare e in orbita geostazionaria. I satelliti geostazionari sono in grado di fornire immagini aggiornate con modesta risoluzione ma più frequentemente di quelli polari e consentono lo scambio di informazioni aggiornate in tempo reale fra le varie aree del pianeta, mentre i satelliti in orbita polare sono in grado di compiere studi molto precisi sull'atmosfera anche nelle regioni dei Poli (che non sono coperte dai satelliti geostazionari).

Dal punto di vista teorico, dato che tre satelliti geostazionari coprono tutto il globo e un satellite polare compie due giri completi attorno alla Terra, per un meteorologo è sufficiente prelevare i dati da due satelliti polari e tre geostazionari per avere un quadro generale della condizione meteorologica giornaliera del pianeta.

In realtà non è così semplice, dato che non tutti i satelliti meteorologici in orbita sono in grado di scambiarsi informazioni tra di loro.

## **Meteosat**

Il progetto Meteosat fu ideato dall'Agenzia Spaziale Francese alla fine degli anni '60 in collaborazione con l'ESA allo scopo di raccogliere immagini dell'atmosfera terrestre.

Il primo satellite Meteosat (Meteosat-1) fu messo su di un'orbita geostazionaria dall'Agenzia Spaziale Europea nel 1977 con l'ausilio di un razzo statunitense.

Dopo due anni di perfetto funzionamento, nel 1979 Meteosat-1 entrò in avaria a causa di un guasto all'alimentatore e il programma meteorologico-spaziale dovette fermarsi per più di anno. Nel 1981 venne lanciato Meteosat-2 e due anni dopo, a seguito di un congresso intergovernativo, venne creata Emetsat, un'organizzazione europea che prese le redini del progetto Meteosat.

Eumetsat e ESA collaborarono fino al 1989 al miglioramento del progetto satellitare Meteosat, anno in cui la nuova organizzazione europea mandò in orbita Meteosat-4, seguito da Meteosat-5 e Meteosat-6, tutti in orbita geostazionaria. Dal 1994 è in atto la creazione di un sistema Meteosat in orbita polare, così da poter disporre di immagini sempre più dettagliate.

Nel 2001 è stato messo in orbita MSG (Meteosat Second Generation) in grado di elaborare e trasmettere dati digitali, al contrario dei precedenti satelliti meteorologici che lavoravano in analogico. Questo sistema digitale prende il nome di LRIT (Low Rate Image Transmission) ed è in grado di trasmettere ad una velocità di 128kbps immagini ad alta definizione.

Il satellite Meteosat si trova sopra al Golfo di Guinea, in Africa, ed è in grado di fornire informazioni sull'Oceano Atlantico, l'Europa, l'Africa e il Medio Oriente.

I dati rilevati vengono principalmente utilizzati dagli Stati membri dell'Eumetsat e diffusi pubblicamente attraverso le previsioni del tempo. Secondariamente Meteosat fornisce un servizio meteorologico anche ai Paesi che non aderiscono all'Eumetsat e agli enti per la ricerca.

Lo strumento più importante del satellite è il radiometro, in grado di rilevare le radiazioni emesse dai materiali (sia visibili che termiche) in varie bande spettrali e di produrre delle immagini della superficie terrestre in base ad esse.

Il radiometro scansiona la superficie terrestre linea per linea, ogni linea è formata da pixel e per ogni pixel il radiometro misura le radiazioni emesse dalla corrispondente porzione di Terra, le quantizza codificandole in digitale (8bit) e le trasmette alle stazioni di terra.

Le bande di frequenza esaminate sono:

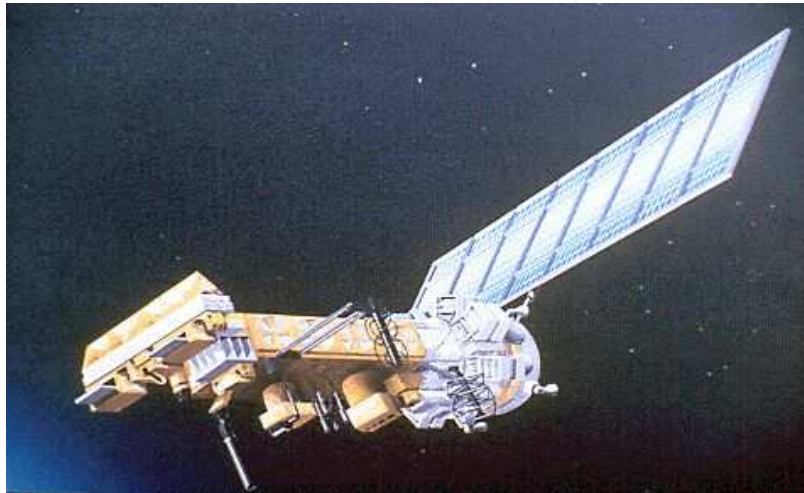
- VIS: banda del visibile, da cui si calcola come viene riflessa la luce visibile dalla superficie terrestre (lunghezza d'onda tra  $0.5\mu\text{m}$  e  $0.9\mu\text{m}$ );
- IR: infrarossi, da cui si calcola il calore emesso dalla superficie terrestre sottoforma di radiazioni (lunghezza d'onda tra  $10.5\mu\text{m}$  e  $12.5\mu\text{m}$ );
- WV: da cui si calcola l'assorbimento del vapore acqueo della superficie terrestre sottoforma di infrarossi (lunghezza d'onda tra  $5.7\mu\text{m}$  e  $7.1\mu\text{m}$ ).

Il satellite Meteosat è in grado di inviare a terra un'immagine ogni mezz'ora.

Per effettuare la scansione di un'immagine il radiometro rileva una sua riga da est ad ovest ad ogni rivoluzione del satellite (il satellite gira su se stesso 100 volte in un minuto). Ad ogni giro completo del satellite su stesso, il radiometro viene inclinato verso la riga superiore a quella precedentemente scansionata e, una volta completata la scansione di un'immagine intera, viene riportato alla sua posizione iniziale.

Una volta terminata la rilevazione, i pixel vengono sistemati in modo da formare un'immagine fotografica della regione esaminata. Alle varie intensità di radiazione viene data una precisa sfumatura di grigio. La trasmissione dei dati a terra viene effettuata linea per linea nell'ordine in cui avviene la scansione dell'immagine e contiene le informazioni relative ai tre tipi di radiazione. Dopo l'elaborazione dei dati a terra, essi vengono rispediti in formato digitale al satellite che li invierà ai centri meteorologici e agli istituti di ricerca.

## NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration)



NOAA è il servizio meteorologico civile statunitense. È costituito da satelliti in orbita polare e satelliti in orbita geostazionaria che hanno lo scopo di rilevare parametri relativi all'atmosfera, alla superficie e alla nuvolosità della Terra e alle radiazioni dovute all'attività del Sole. Questo sistema satellitare, attraverso lo spettrometro ad immagine AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), è in grado di misurare l'intensità delle onde elettromagnetiche riflesse ed emesse da una porzione di superficie terrestre pari a 2400km, in una banda di lunghezza d'onda che va dal vicino infrarosso ( $0.58\mu\text{m}$ ) all'infrarosso termico ( $12.4\mu\text{m}$ ). L'AVHRR è in grado di analizzare contemporaneamente 5 bande dello spettro elettromagnetico.

Canale 1	Visibile ( $0.58\div 0.68\mu\text{m}$ ). Vede solo la luce riflessa, quindi le immagini sono contrastate a condizione che vi sia un alto livello di illuminazione.
Canale 2	Vicino infrarosso o infrarosso riflesso ( $0.725\div 1.1\mu\text{m}$ ). Nonostante la banda di spettro visualizzata sia inserita nel campo del visibile, i nostri occhi non sono in grado di percepire queste lunghezze d'onda.
Canale 3a	Vicino infrarosso o infrarosso riflesso ( $1.58\div 1.64\mu\text{m}$ ). Anch'esso è considerato visibile.
Canale 3b	Medio infrarosso ( $3.55\div 3.93\mu\text{m}$ ). In questa banda spettrale finisce la riflessione infrarossa e comincia l'emissione infrarossa.
Canale 4	Lontano infrarosso e infrarosso termico ( $10.3\div 11.3\mu\text{m}$ ). Fornisce alto contrasto anche di notte perché coincide con le lunghezze d'onda alle quali è più intensa l'emissione dalla Terra.
Canale 5	Lontano infrarosso o infrarosso termico ( $11.5\div 12.5\mu\text{m}$ ). È simile al canale 4.

# OSSERVAZIONI ASTRONOMICHE AL DI FUORI DELL'ATMOSFERA

## Telescopio spaziale Hubble



Il telescopio spaziale Hubble è stato messo in orbita dallo Space Shuttle Discovery il 24 aprile del 1990 come progetto comune della NASA e dell'ESA.

Trovandosi a 600km di altitudine è in grado di osservare lo spazio al di fuori dall'atmosfera terrestre, quindi è in grado di fornire immagini non distorte e di rilevare i segnali infrarossi inviati dai vari corpi celesti.

Hubble è provvisto di due pannelli solari che generano l'energia elettrica necessaria ad alimentare le fotocamere a bordo del telescopio e i giroscopi responsabili del suo orientamento.

Il telescopio è fornito di due specchi, uno primario e uno secondario all'interno della fotocamera. Lo specchio primario ha un diametro di circa 2,4m ed è parabolico concavo mentre quello secondario è iperbolico e convesso ed ha un diametro di circa 50cm. La luce viene riflessa dallo specchio primario a quello secondario così da correggerne l'errore di inclinazione e riceverla come se fosse diretta (i due specchi hanno infatti un'errore di riflessione uguale e contrario così da compensarsi a vicenda).

La fotocamera a bordo di Hubble, la WF/PC2 (Wide Field/Planetary Camera 2), è provvista di quattro sensori, uno dei quali utilizzato per le riprese ad alta definizione dei pianeti.

A bordo del telescopio si trovano inoltre:

- uno spettrografo;
- una camera infrarossa e uno spettrometro multi-oggetto (NICMOS);
- una camera per oggetti deboli (FOC);
- un pacchetto di ottiche correttive assiali (COSTAR).

Lo spettrografo è uno strumento che scopre la luce raccolta da un telescopio nelle varie frequenze che la compongono, così da poterla analizzare. Studiando lo spettro della luce inviata da un corpo celeste si è in grado di avere informazioni sulla sua composizione chimica, sulla sua velocità, sulla sua temperatura e sui campi magnetici che lo circondano. Lo spettrografo a bordo di Hubble (STIS, Space Telescope Imaging Spectrograph) è in grado di studiare le radiazioni prodotte dai corpi celesti tra la lunghezza d'onda dei raggi ultravioletti (115nm) e quella dei vicini infrarossi (1000nm). A differenza di un normale spettrografo, lo STIS è bidimensionale: permette di rilevare lo spettro di vari punti di una galassia contemporaneamente.

Il NICMOS (Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer) è in grado di misurare sia le onde infrarosse che lo spettro di un corpo celeste in una lunghezza d'onda compresa fra 0.8 e 2.5 $\mu$ m, quindi non visibile all'occhio umano. Gli apparati del NICMOS responsabili della rilevazione dei raggi infrarossi devono essere costantemente tenuti ad una temperatura di -180°C,

per questo motivo la camera si trova all'interno di un contenitore criogenico contenete ghiaccio di azoto.

La FOC è una telecamera in grado di ricevere la debole luce proveniente da oggetti lontani e di aumentarne l'intensità così da poter ricostruire l'immagine della fonte luminosa.

Il COSTAR (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement) è un pacchetto di ottiche correttive utilizzato per correggere l'errore dello specchio primario in favore della FOC.

Grazie al telescopio Hubble sono state effettuate importanti scoperte scientifiche: si sono scoperti altri sistemi solari, si è potuto analizzare il centro della nostra galassia, si è appreso che l'Universo è in continua espansione, è stata confermata la teoria che al centro di ogni galassia c'è un buco nero. Data la frequenza dei guasti a bordo del telescopio e al rischio di caduta sulla Terra dovuto all'attrito con l'atmosfera, sono state effettuate molte missioni spaziali per operazioni di manutenzione e di correzione dell'orbita.

È prevista la sostituzione di Hubble nel 20123 con James Webb Space Telescope (JWST), un telescopio che lavorerà solo nel campo dell'infrarosso e sarà posto in direzione opposta al Sole, a 1,5 milioni di km dal sistema Terra-Luna, in modo da poter aver la massima sensibilità ai raggi infrarossi.

## **COMUNICAZIONI SATELLITARI**

I satelliti artificiali trovano largo utilizzo nel campo delle telecomunicazioni grazie alla loro capacità di coprire una vasta area della Terra in breve tempo e quindi di creare connessioni veloci fra utenti molto distanti tra loro.

### **IRIDIUM**

Il sistema satellitare Iridium per telecomunicazioni è attualmente composto da 66 satelliti operativi (nonostante il progetto iniziale ne prevedesse 77) posti su sei piani orbitali con 11 satelliti ciascuno a 780 km dalla superficie terrestre (orbita LEO).

Costruito in Arizona dalla divisione SATCOM della Motorola, è stato ideato per permettere le comunicazioni fra telefoni cellulari in qualunque parte del mondo indipendentemente dalle condizioni ambientali.

L'utilizzo di satelliti a bassa quota è vantaggioso perché permette di evitare il ritardo di propagazione del segnale che si avrebbe utilizzando satelliti in orbita geostazionaria data la loro lontananza dalla Terra.

Il sistema Iridium è in grado di connettersi alla normale rete GSM laddove è presente e, in caso contrario, di garantire la comunicazione fra cellulari appoggiandosi esclusivamente ai satelliti (Inter Satellite Link).

Nel caso di disastri naturali, o se una o più stazioni di terra venissero distrutte, l'Inter Satellite Link è in grado di assicurare la continuità delle comunicazioni instradando le chiamate ad una qualunque stazione di terra funzionante. Questa caratteristica permette di utilizzare i satelliti Iridium anche per comunicazioni di emergenza nel caso di disastri naturali e in tempo di guerra.

La complessità degli apparati che compongono l'Inter Satellite Link, le dimensioni e il peso dei satelliti rendono la spesa per la realizzazione e la messa in orbita dell'Iridium elevata.

Il funzionamento del sistema satellitare si basa sulla TDMA e sulla CDMA, la prima viene utilizzata nel caso in cui la comunicazione avvenga solo con supporto satellitare, la seconda nel caso in cui si utilizzi un altro tipo di rete.

La tariffazione delle telefonate si basa sui prezzi fissati dalle varie compagnie telefoniche quando vengono effettuate appoggiandosi alla normale rete GSM, mentre si basa sui prezzi fissati dai gestori del sistema satellitare quando la comunicazione è supportata da Iridium.

## **INMARSAT**

Il sistema satellitare Inmarsat (International Maritime Satellite Organization) fu ideato nel 1979 per gestire le comunicazioni satellitari militari e marittime.

Utilizzato da 84 nazioni, ora è anche in grado di fornire servizi agli aerei e alle stazioni mobili di soccorso.

Inizialmente sotto il controllo dei vari governi dei Paesi che ne usufruivano, dal 15 aprile 1999 Inmarsat è gestita privatamente dalla IMSO (International Mobile Satellite Organization).

## **THURAYA**

Il sistema satellitare Thuraya per telefonia mobile, gestito dalla Thuraya Satellite Telecommunications Company, è composto da tre satelliti in orbita geostazionaria (l'ultimo dei quali messo in orbita nel gennaio del 2008 e operativo dall'aprile dello stesso anno) in grado di coprire tutto il globo.

Ideato nel 1997 dall'azienda di telecomunicazioni Etisalat degli Emirati Arabi Uniti, Thuraya inizialmente disponeva di un solo satellite in grado di garantire le comunicazioni fra Europa, Medio Oriente e Africa.

Il progetto del sistema satellitare viene portato avanti in collaborazione con l'azienda statunitense Boeing Satellite Systems che si occupa della progettazione, della realizzazione e della messa in orbita dei satelliti.

## **ARTEMIS**



Artemis, messo in orbita il 12 luglio 2001, è un satellite in orbita geostazionaria per telecomunicazioni ideato dall'ESA. Il suo scopo principale è come ripetitore per gli altri satelliti in orbita in modo da rendere migliorare la qualità e la velocità delle comunicazioni.

Di grande innovazione è il suo propulsore ionico che è stato in grado di portare il satellite da 17000 km (su cui era stato posizionato per un malfunzionamento dell'Ariane 5) a 36000km di altitudine, un'operazione che non era mai stata effettuata nel campo della messa in orbita.

Essendo Artemis su di un'orbita geostazionaria è in grado di comunicare in qualunque momento con molte stazioni di terra ESA, per questo motivo viene utilizzato come ripetitore. Il satellite ha infatti il compito di raccogliere le informazioni dei satelliti alle orbite più basse e di trasmetterli istantaneamente a terra, così da evitare di sovraccaricare la memoria dati degli altri satelliti. In questo modo non c'è perdita di informazioni e si è in grado di monitorare costantemente porzioni

della Terra, cosa molto utile nel caso in cui ci siano regioni colpite da catastrofi naturali che necessitano di un controllo in tempo reale.

Per comunicare con i vari satelliti, Artemis fa uso del sistema SILEX che offre al satellite la possibilità di collegarsi a quelli in orbita più bassa attraverso un sofisticato e potente laser, mentre per comunicare con la stazione di terra il ripetitore si avvale della semplice antenna radio comune a tutti i satelliti.

Oltre ad essere un ripetitore, Artemis svolge un'importante funzione anche nel sistema di posizionamento EGNOS, ideato dall'Europa in appoggio al GPS americano e al sovietico GLONASS. EGNOS fornisce satelliti aggiuntivi a quelli dei sistemi già presenti così da migliorare la precisione di rilevamento. Compito di Artemis è quello di monitorare le regioni dell'Europa, del Nordafrica e del Medio Oriente.

## **TELEVISIONE SATELLITARE**

La televisione satellitare è il servizio televisivo che giunge agli utenti per mezzo di onde radio emesse da trasmettitori posti su satelliti per telecomunicazioni in orbita geostazionaria.

La televisione satellitare è in grado di offrire una copertura continua delle aree geografiche servite, sia per gli utenti in movimento (televisioni montate nei pullman, palmari ecc) che per quelli non in movimento (televisioni che si trovano negli edifici).

Per ricevere le trasmissioni televisive inviate da satellite è necessario disporre di un'antenna di notevoli dimensioni che viene utilizzata per la ricezione da postazioni fisse, dato che risulterebbe molto ingombrante su strumentazioni mobili sulle quali, infatti, vengono installate antenne più piccole dotate di un sistema motorizzato in grado di orientarle verso il satellite durante lo spostamento degli utenti.

A differenza della televisione terrestre (che si avvale esclusivamente di ripetitori a terra e copre un'area nazionale) la televisione satellitare è in grado di coprire aree geografiche continentali, quindi permette di ricevere trasmissioni provenienti da Paesi stranieri.

Con questo tipo di servizio televisivo la ricezione è garantita solo se non sono presenti ostacoli tra l'antenna e il trasmettitore, quindi le antenne non possono essere montate all'interno degli edifici come accade per la televisione terrestre, ma, in compenso, viene assicurata la completa copertura delle zone montuose (cosa che i ripetitori terrestri non sono in grado di fare).

Esistono due tipi di televisione satellitare: analogica e digitale.

La televisione satellitare analogica (meno diffusa di quella digitale) consiste nella trasmissione di immagini in formato analogico (il suono di solito viene trasmesso sotto forma di segnale digitale), mentre con la televisione satellitare digitale sia i suoni che le immagini vengono trasmessi come segnali digitali.

I segnali digitali, rispetto a quelli analogici, hanno il vantaggio di essere facilmente trasportabili ed elaborabili. Le immagini in movimento presenti nella televisione necessitano di un elevato flusso di segnali digitali per essere riprodotte e quindi di tecniche di trasmissione e ricezione in grado di sopportare il peso di grandi quantità di informazione. Per risolvere questo problema sono stati creati dei metodi di compressione dati in grado di diminuire la quantità di dati inviati senza alterare il contenuto dell'informazione.



## STORIA

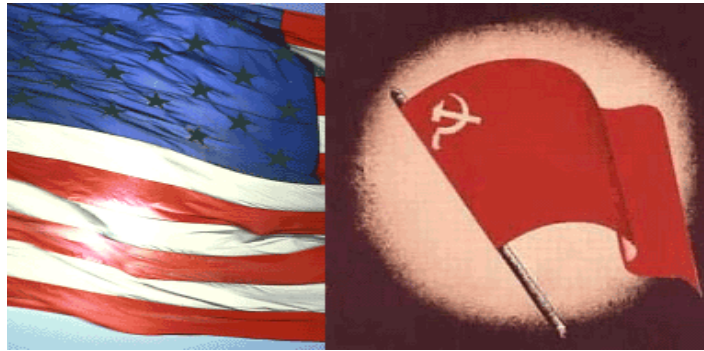


Alla fine della Seconda Guerra Mondiale gli Stati Uniti erano la più grande potenza economica e militare del sistema capitalistico internazionale grazie agli ingenti guadagni ottenuti in tempo di guerra dalla vendita delle forniture per l'esercito. La ricchezza interna del Paese, unitamente alla forte politica coloniale che permetteva loro di controllare le principali risorse dell'Asia, dell'Africa e dell'America latina, aveva reso gli USA un punto di riferimento per tutti gli Stati europei capitalisti usciti economicamente distrutti dal conflitto mondiale. Così, gli Stati Uniti presero la guida dell'Occidente e il dollaro sostituì la sterlina come moneta forte e valuta di riferimento per gli scambi internazionali.

L'equilibrio dei nuovi assetti politici stabiliti a Yalta, venne garantito dall'Onu (Organizzazione delle nazioni unite), subentrato nel 1945 alla Società delle Nazioni creata nel primo dopoguerra e, nel 1947, il governo statunitense dette il via al piano Marshall che consisteva nel fornire aiuti economici ai Paesi danneggiati dalla guerra per ripristinare la produzione delle industrie e, di conseguenza, il commercio internazionale.

Essendo gli aiuti provenienti dagli USA strettamente legati ad una subordinazione politica da parte dei Paesi Europei, non tutti accettarono di aderire al piano Marshall, fu questo il caso dell'URSS e di tutti gli Stati dell'Europa orientale ad essa assoggettati accanto ai quali si schierarono i partiti comunisti di tutta l'Europa che, a causa del loro distacco dagli USA, vennero esclusi dalle nuove formazioni governative.

I contrasti tra URSS e USA divisero in due il mondo: il "campo socialista", influenzato dai Sovietici, e il "mondo libero" simboleggiato dagli Americani.



Approfittando del periodo di pace, l'Unione Sovietica sviluppò notevolmente l'industria pesante ricorrendo allo smantellamento e al trasferimento delle risorse e della produzione tedesca nel suo territorio e, per raggiungere un livello tale da poter competere con gli Stati Uniti, impiegò la maggiorparte delle risorse nell'industria bellica.

La potenza dell'Unione Sovietica era da un lato pericolosa per l'egemonia statunitense, e dall'altro forniva spunto alla politica coloniale americana: con il pretesto di difendere il “mondo libero” dalla minaccia comunista, gli USA erano militarmente presenti in ogni Stato che non fosse alleato con l'URSS.

I due assetti politici erano profondamente diversi: nel “campo socialista” la produzione era interamente nelle mani dello Stato e rigorosamente controllata al fine di garantire lo sviluppo del blocco sovietico, mentre il “mondo libero” si basava sul capitalismo: libero mercato e libera concorrenza. Nonostante l'Occidente propugnasse sistemi di governo basati sulla democrazia parlamentare, non si oppose a regimi dittatoriali come quelli di Franco in Spagna e di Salazar in Portogallo perché visti come unica istituzione in grado di evitare che dilagasse l'anarchia.

Unico organo internazionale in grado di evitare che i contrasti tra USA e URSS sfociassero in un conflitto, era l'Onu di cui erano membri entrambi i Paesi.

Pur non affrontandosi direttamente, le due super potenze alimentavano il dissenso nei confronti dell'autorità nei Paesi del blocco opposto: il governo sovietico sosteneva i partiti di sinistra all'interno di quegli Stati che volevano sottrarsi al colonialismo americano in nome di uno sviluppo autonomo, mentre il governo statunitense appoggiava i partiti dei Paesi dell'Est che propugnavano un sistema basato sul liberalismo. Per questo motivo al contrasto tra i Paesi socialisti e quelli del “mondo libero” venne data la definizione di guerra fredda: una guerra ideologica combattuta con la propaganda e non con le armi, ma che era sempre sul punto di sfociare nella violenza di un conflitto mondiale.

Il Paese che fu più duramente colpito dalla creazione dei due blocchi fu la Germania che si vide divisa in due: la parte orientale passava sotto il controllo sovietico e quella occidentale sotto il controllo americano. Il confine fra le due sfere di influenza passava attraverso la città di Berlino che si ritrovò spaccata in due.

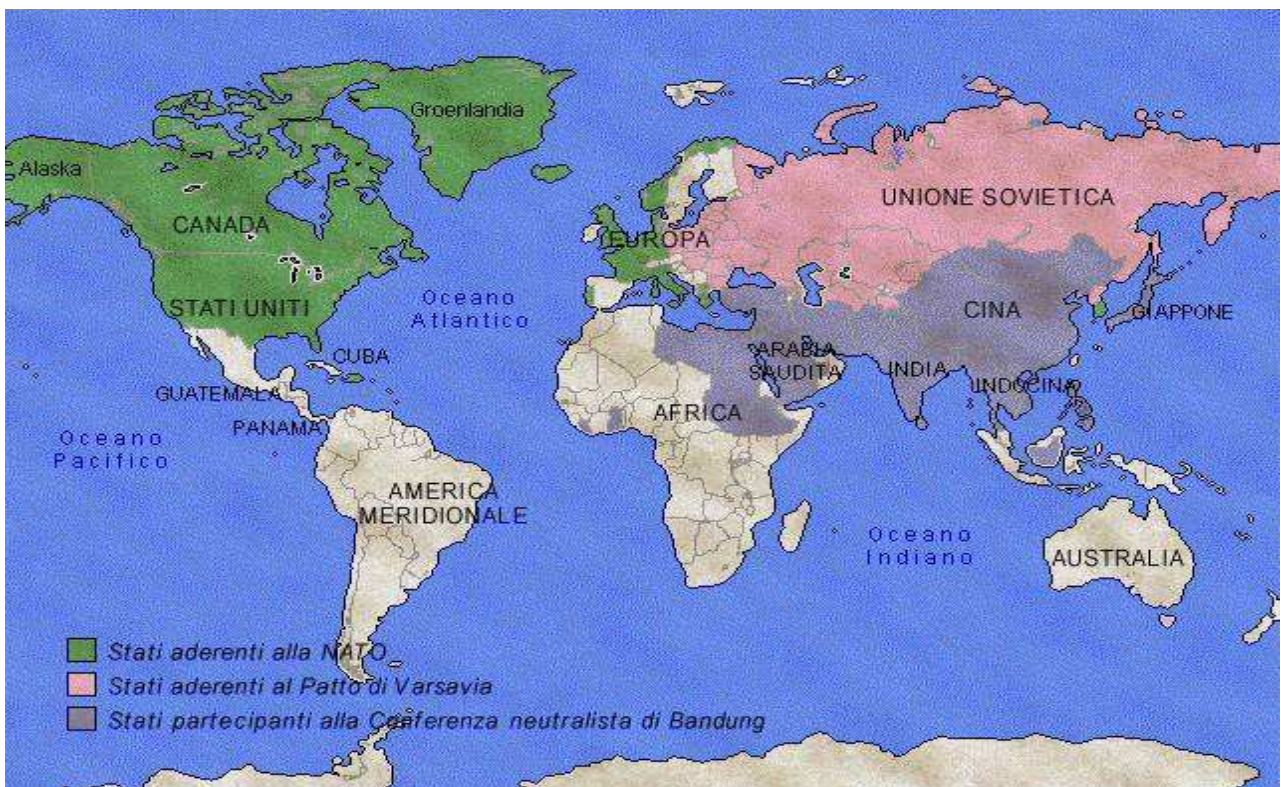
Quando, nel 1948 l'esercito degli Stati Uniti abbandonò la Germania Occidentale e appoggiò la nascita di un governo federale all'interno del Paese per impedire l'espansione sovietica a Ovest, l'URSS vietò l'accesso a Berlino Ovest rendendo impossibile il commercio fra le due parti della città e costringendo i berlinesi occidentali a chiedere i rifornimenti agli USA.

Per evitare di far cadere la Germania nella guerra civile, si decise di creare due repubbliche tedesche: quella federale a Ovest con sede a Bonn, e quella democratica a Est con sede nel quartiere berlinese di Pankow.

L'arretratezza della parte orientale di Berlino rispetto a quella occidentale era notevole, tanto da costringere molti berlinesi dell'Est ad emigrare a Ovest, cosa che portò, nel 1961, alla costruzione del muro di Berlino da parte della Repubblica Democratica Tedesca.



Per definire meglio le alleanze politico-economiche e per difendersi l'uno dall'altro, i due blocchi crearono nuovi organismi internazionali: ad Occidente vennero fondate la Oece nel 1948 (conosciuta dal 1957 come CEE divenuta nel 1993 UE ) e la NATO (North Atlantic Treaty Organization) nel 1949, mentre i Paesi dell'Est si riunirono nel Comecon (1949) e sancirono il Patto di Varsavia (1955).





Nonostante URSS e USA non si siano mai scontrati apertamente, la guerra fredda provocò migliaia di morti in tutto il mondo. Fu una guerra coloniale combattuta da quei Paesi che vedevano nell'uno o nell'altro schieramento un valido appoggio al loro sviluppo.

Le due super potenze si affannarono a sviluppare i propri eserciti in previsione di uno scontro diretto e, nell'attesa, fecero testare le proprie armi ai Paesi alleati valutandone l'efficacia e i difetti, prendendosi i meriti in caso di vittoria e preparandosi alla vendetta in caso di sconfitta, proprio come se a rischiare fossero stati loro in prima persona.

Gli Stati che più furono colpiti dalla guerra fredda furono il Vietnam e la Corea, che vennero dilaniati da sanguinosi conflitti.

Nel 1948 la Corea, che fu formalmente divisa in due alla fine della Seconda Guerra Mondiale con la promessa di essere riunificata mediante libere elezioni, venne irrimediabilmente spaccata: la Corea del Nord divenne una repubblica popolare governata dal Partito comunista, mentre nella Corea del Sud gli Stati Uniti appoggiarono al creazione di un governo autoritario e anti-comunista.

Dal 1950 al 1953 la penisola coreana fu straziata da quella che viene chiamata la guerra di Corea, combattuta tra la Corea del Nord (che voleva conquistare quella del Sud) e la Corea del Sud.

Ancor più terribile fu la guerra nel Vietnam dove gli Stati Uniti testarono la loro nuova arma sulla popolazione: il napalm.

La guerra fredda fu combattuta ovunque (Cuba, Congo, Afghanistan, Jugoslavia) tranne che nei Paesi che l'avevano scatenata. Mentre nel resto del mondo si combatteva, in USA e in URSS si sviluppavano nuove armi sempre più distruttive, la così detta corsa agli armamenti, il fulcro della guerra fredda. Le due potenze, temendo un attacco improvviso l'una dall'altra, si armavano più che potevano per essere pronte a difendersi.

La crescente paura nei confronti dei comunisti portò, tra gli anni '40 e '50, gli USA al Maccartismo, detto anche "caccia alle streghe": una serie di inchieste politico-giudiziarie verso chiunque fosse sospettato di parteggiare per il nemico.

Nonostante le discrepanze, i contatti diplomatici fra i due Paesi non vennero mai interrotti, al contrario, si intensificarono a tal punto che il 30 agosto 1963 venne creata una linea telefonica diretta tra Mosca e Washington (la così detta linea rossa).

Dopo un susseguirsi di presidenti, missioni spaziali e conflitti in ogni angolo del mondo, la guerra fredda terminò, almeno formalmente, nel 1989 con la caduta del muro di Berlino.

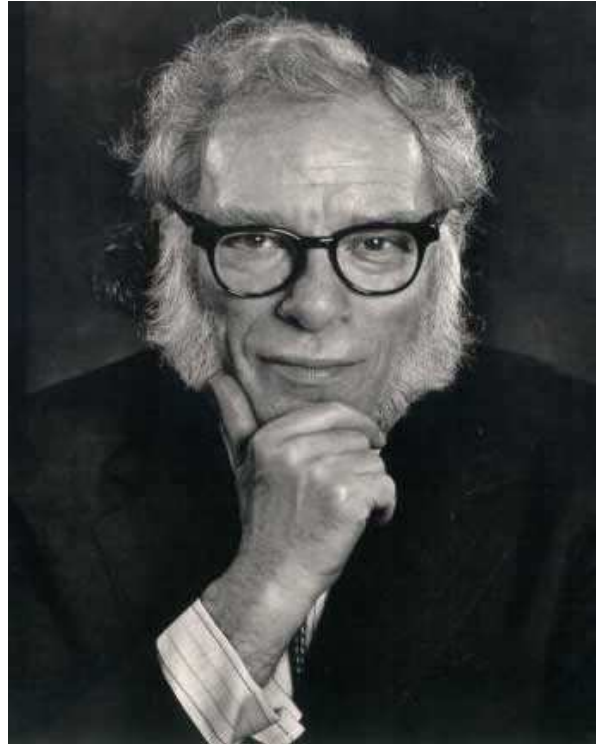


Lo sviluppo tecnologico in atto durante questo periodo di tensioni portò l'URSS alla messa in orbita del primo satellite artificiale per telecomunicazioni, lo Sputnik 1, lanciato nello spazio il 4 ottobre 1957; la competizione sovietico-americana fece sì che gli USA mandassero il primo uomo sulla Luna. Tra tanta sofferenza, il mondo era ancora in grado di meravigliarsi guardando le stelle e l'uomo era ancora capace di sentirsi fiero di se stesso di fronte ad un suo successo.

## LETTERATURA: IL GENERE FANTASCIENTIFICO



Arthur Charles Clarke



Isaac Asimov

Il 19 marzo 2008 si è spento, all'età di 91 anni, lo scrittore inglese Arthur Charles Clarke. Nato nel 1917 e trasferitosi nello Sri Lanka nel 1956, dopo aver insegnato l'uso del radar agli ufficiali della RAF si laureò in fisica e matematica interessandosi subito di divulgazione scientifica. Da sempre interessato alle telecomunicazioni e allo spazio, lo scienziato divenne presto uno scrittore di fantascienza, scriveva quindi di un possibile futuro frutto della sua immaginazione ma non del tutto improbabile perché improntato sullo sviluppo tecnologico. Il pallino di Clarke, lo si vede in tutti i suoi racconti e romanzi, era la conquista dello spazio, la colonizzazione dell'Universo da parte del genere umano.

Per i concetti tecnologici e scientifici introdotti nei suoi romanzi, Clarke viene considerato il vero e proprio inventore dei satelliti artificiali.

Di grande successo fu per lo scrittore la collaborazione con il regista Stanley Kubrik alla stesura della sceneggiatura del film "2001: Odissea nello spazio".

Un altro grande autore fantascientifico fu Isaac Asimov. Nato nell'Unione Sovietica nel 1920, si trasferì con la famiglia a New York a soli tre anni. La sua passione per la fantascienza nasce quando, a nove anni, inizia a leggere una rivista fantascientifica trovata per caso nell'edicola del padre. Inizia, giovanissimo, a scrivere per hobby e arriverà a pubblicare il suo primo racconto nel 1938 (Naufragio al largo di Vesta). Forte di una profonda amicizia con il direttore di due riviste di fantascienza, Asimov nel corso degli anni Quaranta riuscirà a pubblicare i suoi più celebri racconti sui robot, creature onnipresenti nella sua fantascienza.

Secondo Asimov il robot è sia la macchina perfetta che il simulacro dell'uomo e da questa unione nascono i tradizionali conflitti fra l'uomo e il progresso, la paura che lo sviluppo tecnologico possa creare macchine in grado di sostituire l'uomo in ogni suo ruolo. Il robot, però, nella teoria dello scrittore non può ribellarsi agli esseri umani, egli deve rispettare le tre Leggi fondamentali della robotica create dall'uomo per evitare di venire sottomesso dalle sue perfette creazioni:

“ -un robot non può recare danno agli esseri umani, né può permettere che, a causa del suo mancato intervento, gli esseri umani ricevano danno;

-un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani tranne nel caso che tali ordini contrastino con la Prima Legge;

-un robot deve salvaguardare la propria esistenza, purché ciò non contrasti con la Prima e la Seconda Legge.”

Se da un lato l'umanità teme di venire soppiantata dalle macchine, queste provano una profonda sfiducia nei confronti dei loro costruttori, arrivando anche a negare l'esistenza del ruolo del costruttore.

Molto importante per Asimov era, quindi, l'impatto sociale del progresso tecnologico.

Non essendo, io, una lettrice del genere fantascientifico non sono in grado di esprimere un giudizio ponderato al riguardo, ma sono convinta che sia importante interrogarsi sui benefici che il progresso porta all'umanità, sui suoi vantaggi, sulla sua pericolosità, sulla posizione che occupa nella vita delle persone, in che modo è in grado di condizionarla.

Leggendo di Clarke e Asimov mi sono chiesta fino a che punto ci si possa fidare di chi crea e usa la tecnologia, e fino a che punto l'essere umano possa ancora considerarsi autonomo e attivo, circondato com'è dai nuovi vizi e lussi creati dal progresso.

## **BREVETTI E CENNI SULLA REGOLAMENTAZIONE DELL'USO DEI SATELLITI ARTIFICIALI**

Durante la realizzazione delle antenne e dei preamplificatori per la comunicazione con il satellite radioamatoriale VO-52, si è scoperto che ciò che si stava costruendo era privo di brevetto, ma non per questo brevettabile.

Il brevetto è un titolo giuridico in forza del quale viene conferito un monopolio temporaneo di sfruttamento dell'invenzione in un territorio e per un periodo ben determinati, al fine di impedire ad altri di produrre, vendere o utilizzare la propria invenzione senza autorizzazione.

Con invenzione si definisce una soluzione nuova, originale ed innovativa, ad un problema tecnico, essa, quindi, può essere un prodotto o un procedimento.

Secondo la legge italiana, affinché un'invenzione possa essere brevettata deve possedere tre caratteristiche fondamentali:

- novità
- originalità
- industrialità

Secondo la legge italiana un'invenzione possiede la novità se non esiste per chiunque la possibilità di conoscerla. Essendo i progetti elaborati durante l'esperienza radioamatoriale pubblicati su Internet, chiunque può accedervi, quindi non possiedono la caratteristica della novità.

Per quanto riguarda il concetto di originalità, un'invenzione è definita originale quando risulta essere il prodotto di un momento creativo che accresca la conoscenza dell'inventore e di chi beneficia della sua creazione e non solo dell'applicazione di conoscenze tecniche.

È quindi molto difficile per chi assegna i brevetti decidere se un'invenzione è originale oppure no, dato che non ci sono criteri precisi per definire tale caratteristica che risulta dipendere dalle diverse opinioni delle persone.

La legge, inoltre, prescrive che un'invenzione, per ottenere il brevetto, debba anche poter essere applicabile industrialmente.

Sono, quindi, brevettabili solo invenzioni materiali e non semplici idee o scoperte.

Secondo la legge italiana per l'ottenimento e il mantenimento del brevetto bisogna corrispondere allo Stato di una certa somma. I brevetti possono essere definiti o rinnovabili annualmente per un certo periodo (generalmente 20 anni). L'importo da versare per il rinnovamento annuale di un brevetto aumenta con l'avvicinarsi della sua scadenza; questo avviene perché si suppone che più è il tempo che passa dall'assegnazione del brevetto, maggiori sono i benefici che l'inventore trae dalla commercializzazione della sua creazione e che, quindi, sia giusto permettere anche ad altri di realizzare prodotti basati su quello brevettato.

Nonostante la durata del brevetto sia di vent'anni, può prescriversi anteriormente nel caso in cui non venga rinnovato o, se entro 3 anni dalla registrazione, l'invenzione non venga conclusa.

Se l'invenzione è stata creata da un lavoratore dipendente, questi ha il diritto ad un equo compenso solo nel caso in cui non venga pagato per la sua creazione dall'impresa per cui lavora.

### **Brevetto europeo**

Con la Convenzione di Monaco sul brevetto europeo del 1973 venne istituito il brevetto europeo.

Esso equivale all'assegnazione ad un'invenzione dei brevetti di tutti i Paesi europei.

Esso viene assegnato secondo le stesse modalità dell'assegnazione del brevetto italiano.

### **Brevetto comunitario europeo (C.B.C.)**

Esso fu istituito da tutti i membri della C.E. Il 15 dicembre 1975 dalla Convenzione di Lussemburgo, ma non entrò mai in vigore per l'opposizione di alcuni Stati che non ritenevano giusto che un solo giudice fosse incaricato di attestare la validità o la nullità del brevetto.

### **Brevetto internazionale (PCT)**

Il PCT (Trattato di Cooperazione in materia di Brevetti), fu istituito dalla WIPO (World Intellectual Property Organization, Organizzazione Mondiale per la Proprietà Intellettuale) allo scopo di permettere la concessione del brevetto da parte di più Paesi attraverso un'unica procedura. La decisione del PCT si basa sull'indagine nei vari Stati riguardo alla brevettabilità di un'invenzione e non vincola un Paese a rilasciare il brevetto, ma ne facilita il rilascio, essendo una garanzia in più sulla validità di un'invenzione.

### **ITU-R**

Essendo i satelliti artificiali utilizzati per vari scopi, l'ITU (Unione Internazionale per le Telecomunicazioni), per evitare che comunicazioni di diverso tipo interferiscano le une con le altre, ha assegnato bande di frequenza ben precise per ogni tipo di collegamento via satellite.

In particolare l'ITU-R (Settore Radiocomunicazioni) si occupa della ripartizione mondiale delle radiofrequenze e delle orbite dei satelliti artificiali.

## **SATELLITI RADIOAMATORIALI**

I radioamatori sono sperimentatori di nuovi metodi di comunicazione e di propagazione delle onde radio.

Per diventare radioamatore è obbligatorio il superamento di un esame ministeriale che porta all'assegnazione dell'Autorizzazione Generale. L'obbligatorietà dell'esame è data dal fatto che le apparecchiature radioamatoriali vengono costruite dai radioamatori stessi e, quindi, sono prive di certificazione di terzi.

Una volta superato l'esame, ad ogni radioamatore viene assegnato un nominativo (una serie di numeri e di lettere diversi per ogni operatore) che gli permette di essere riconosciuto in tutto il mondo durante le comunicazioni.

Quando prese il via l'era dei satelliti, la comunità dei radioamatori decise di provare a comunicare attraverso ponti satellitari.

I satelliti radioamatoriali vengono costruiti dai radioamatori stessi e vengono messi in orbita da missili trasportanti satelliti più grandi e più utilizzati, in pratica questi satelliti costituiscono una sorta di carico aggiuntivo al missile che viene abbandonato sulla sua orbita mentre il razzo si stacca gradualmente dal satellite principale.

Quest'anno scolastico l'Associazione Radioamatori Italiana, in collaborazione con la scuola, ha organizzato una serie di lezioni seriali sui satelliti artificiali, in particolare sulla storia dei satelliti radioamatoriali.

Essendo la partecipazione a numero chiuso solo 10 alunni delle due quinte del corso di Elettronica e Telecomunicazioni vi hanno partecipato.

Parte delle informazioni riportate in questa tesina sono il frutto dell'elaborazione delle nozioni apprese durante le lezioni presso la sede ravennate dell'ARI.

Come coronamento dell'esperienza extracurricolare, è stata effettuata una prova pratica di comunicazione satellitare attraverso il collegamento con il satellite radioamatoriale VO-52.

Per effettuare il collegamento con VO-52 sono state necessarie due antenne (una per la trasmissione e una per la ricezione), due preamplificatori per le stesse (per amplificare i segnali in modo da poterli trasmettere e ricevere correttamente), un trasmettitore e un ricevitore.

Il trasmettitore e il ricevitore sono stati forniti dall'ARI, mentre le antenne e i preamplificatori sono stati realizzati da noi secondo gli schemi forniti dall'Associazione.

Sono state realizzate antenne di due tipi diversi (una per classe) e i rispettivi preamplificatori (questi in duplice copia, così da averne uno di riserva nel caso ci fossero stati dei guasti).

Il collegamento con il satellite VO-52 è stato effettuato la mattina di sabato 19 aprile nel cortile tra l'ITIS e il Geometri.

Dopo aver effettuato una prima prova di ricezione alle 10.00 per decidere quale antenna e quale preamplificatore utilizzare, alle 11.29 abbiamo effettuato la connessione con il satellite e siamo riusciti a comunicare con un radioamatore ungherese.

Le informazioni da trasmettere (fornite secondo l'alfabeto fonetico ICAO comprensibile da tutti i radioamatori del mondo) erano il nominativo (IQ4RA: India Quebec four Romeo Alpha), un numero per indicare la potenza del segnale ricevuto e un altro per riferire la qualità della comunicazione.

Il collegamento è durato circa 11 minuti (il tempo di transito del satellite sopra di noi).





Orbitron (programma utilizzato per seguire lo spostamento del satellite)



Ricevitore e trasmettitore



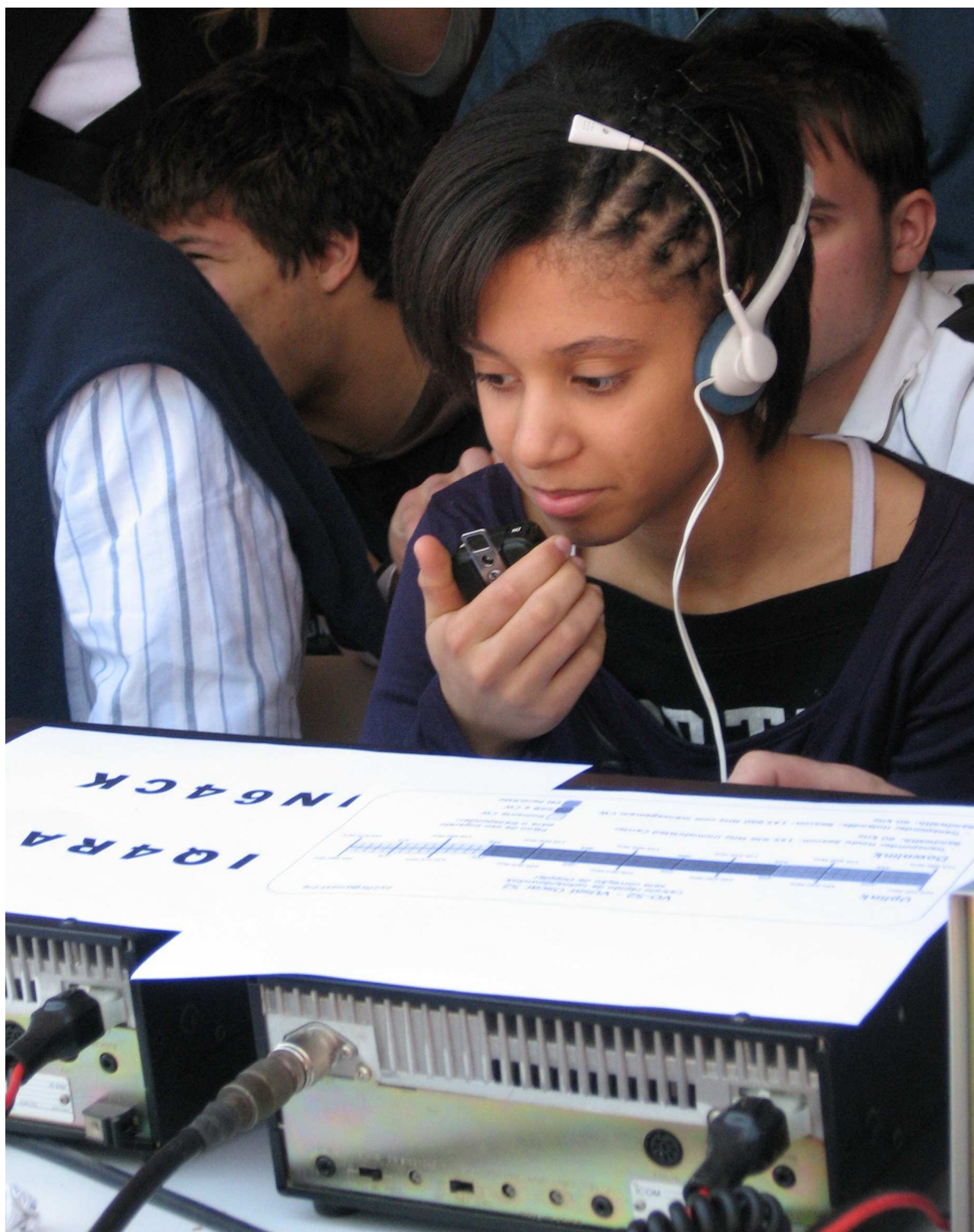


Antenna Turnstile





Antenna J-Pole



Comunicazione radioamatoriale



## ANTENNE

Sono stati realizzati due tipi di antenne: Turnstile e J-Pole, entrambe usate sia per la ricezione che per la trasmissione.

### J-pole

L'antenna J-Pole, è un'antenna bibanda operante nel range 142-144 MHz.

È costituita da due dipoli ricurvi, uno per la ricezione e uno per la trasmissione.

Il primo dipolo, il più grande, riceve il segnale ad una frequenza di 144 MHz, mentre il dipolo più piccolo trasmette a 142 MHz. Questo tipo di antenna viene utilizzato per ricevere il satellite quando è ancora basso rispetto alla stazione di terra, infatti, nel diagramma direzionale, presenta un lobo orizzontale.

### Turnstile

L'antenna Turnstile, come la J-Pole, è bibanda e opera nel range 142-1244 MHz.

È formata da due dipoli sovrapposti: quello in cima, il più piccolo, viene usato per la trasmissione a 142 MHz, mentre quello più grande viene usato per la ricezione a 144MHz.

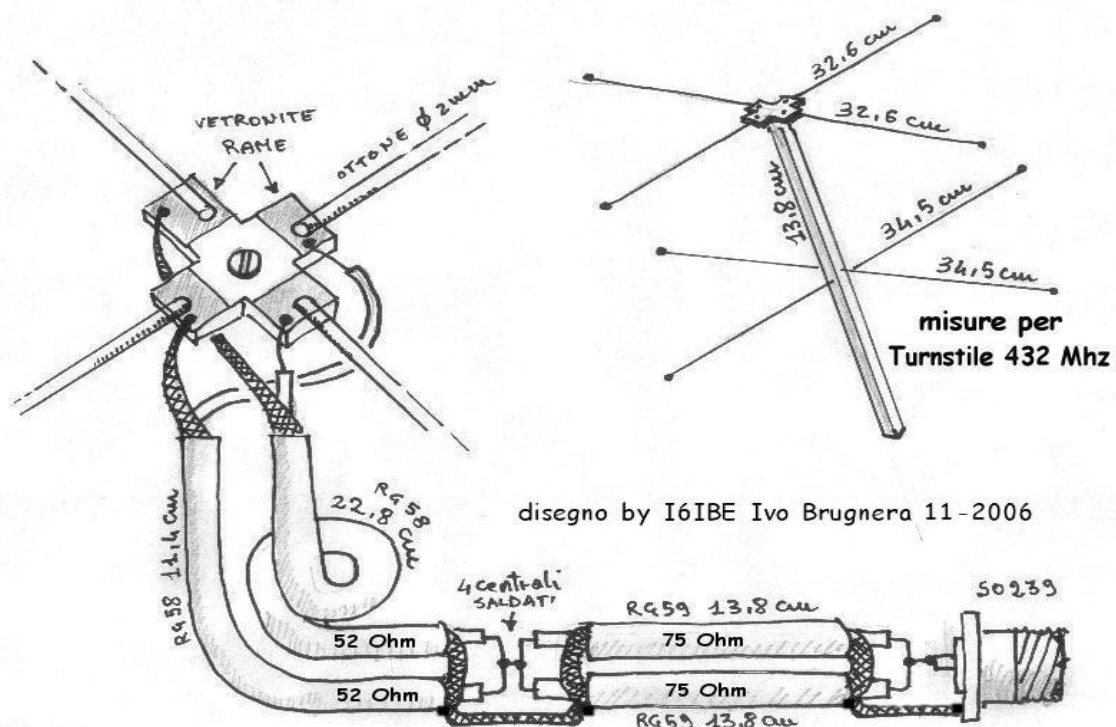
Per ricevere il segnale completo, sotto al dipolo più piccolo si trova un riflettore (sia il dipolo che il riflettore hanno lunghezza pari a  $\lambda/2$ ).

La Turnstile viene utilizzata per ricevere i segnali dal satellite quando è posizionato verticalmente rispetto alla stazione di terra (quando il satellite è alto).

Antenna per SATELLITI AO-51, SO-50, VO-52, FO-29

## TURNSTILE 432/144 Mhz

I6IBE/1W6OVD



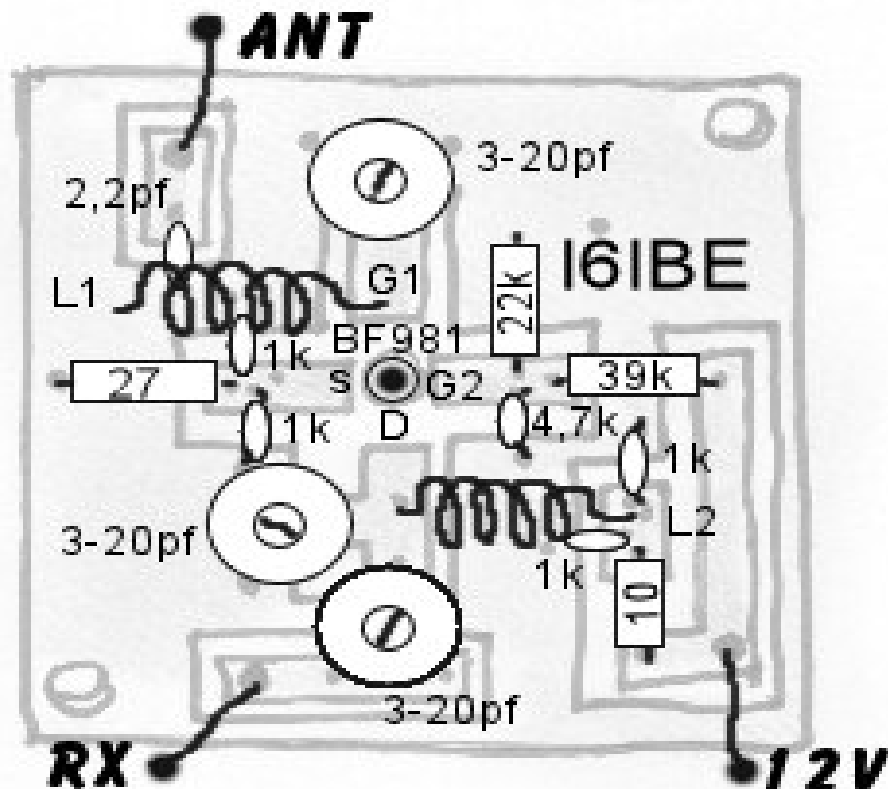
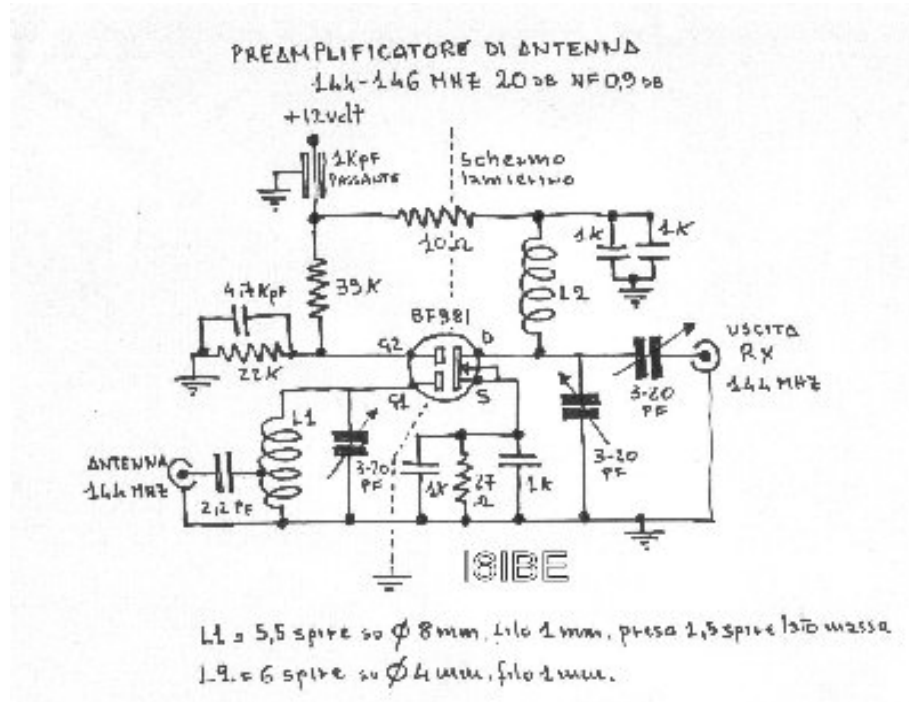
## PREAMPLIFICATORI

Il preamplificatore è un dispositivo utilizzato nel campo delle telecomunicazioni per potenziare i segnali ricevuti di una determinata banda di frequenze evitando, tuttavia, di amplificare i rumori: tale dispositivo infatti ha una circuiteria interna utile all'eliminazione dei disturbi.

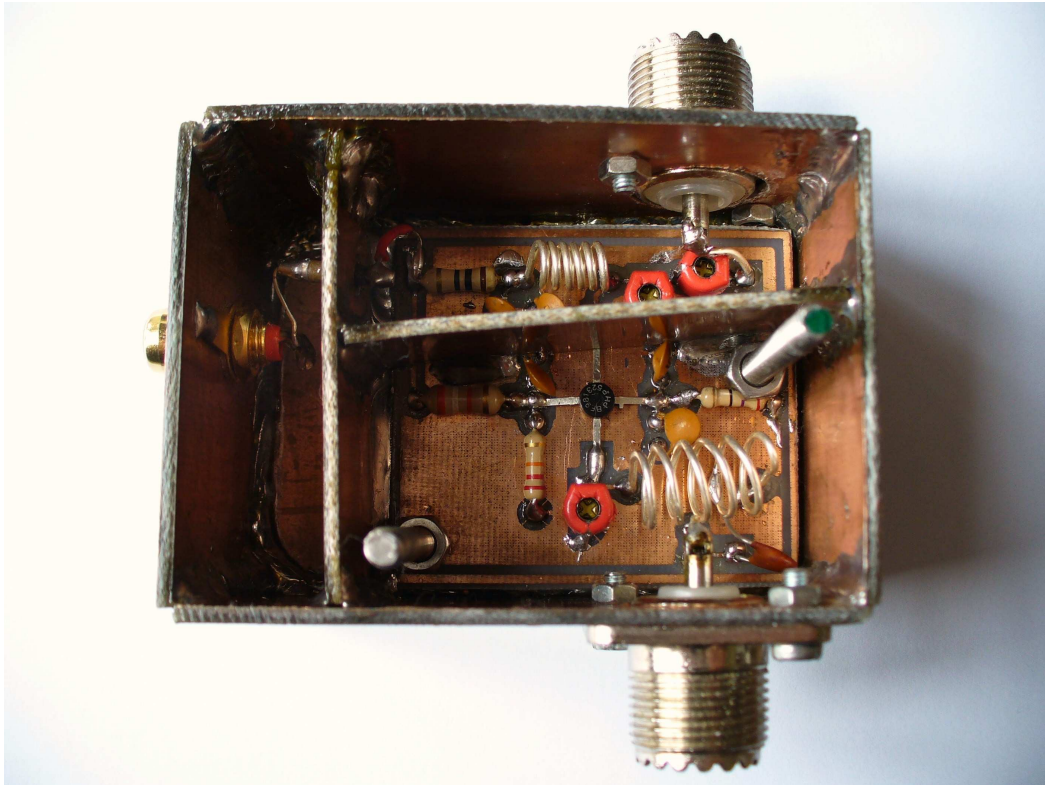
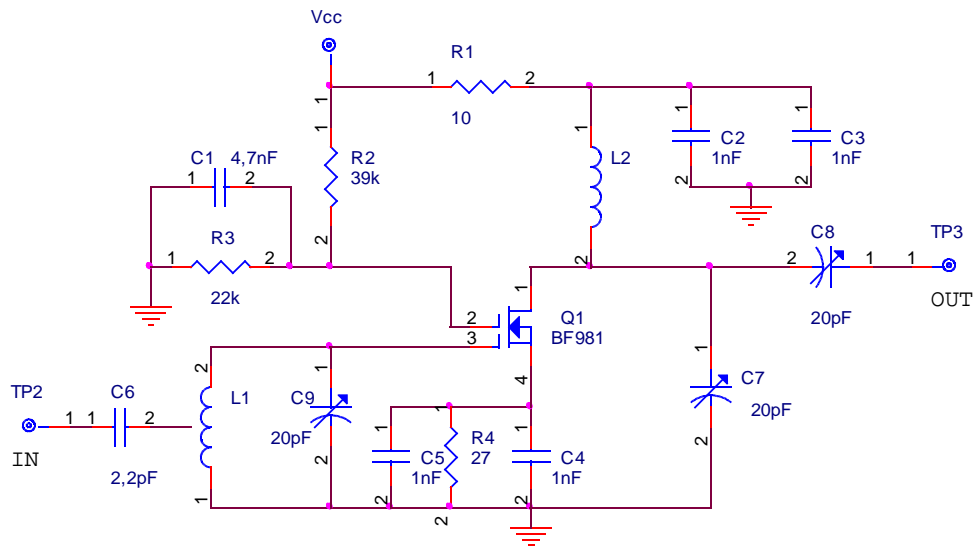
Essendo i segnali ricevuti dal satellite ad una potenza non sufficiente e piuttosto disturbati, in fase di ricezione i preamplificatori vengono collegati alle antenne.

### Preamplificatore "dell' orafò"

Uno dei due preamplificatori è stato realizzato secondo lo schema del radioamatore italiano I6IBE.



Schema elettrico ridisegnato con Orcad per la realizzazione del circuito



Il circuito consiste in un preamplificatore di antenna alimentato a 12V in grado di operare in un range di frequenze di ricezione compreso fra i 144 e i 146 MHz (VHF). Alcuni componenti sono molto comuni e di facile reperibilità come le resistenze a carbone e i condensatori ceramici, ma oltre a questi dobbiamo impiegare anche un transistor mosfet dual gate (non facilmente reperibile), dei condensatori variabili e delle induttanze cilindriche senza nucleo magnetico (che ci siamo costruiti da soli con del filo argentato secondo le istruzioni del radioamatore). Il circuito realizzato non deve minimamente differire dall'originale per non correre il rischio di comprometterne il funzionamento. Operare alle alte frequenze, infatti, richiede precisione. Il componente principale utilizzato in questo progetto è il BF981: un MOSFET dual gate adatto per l'utilizzo in circuiti VHF grazie alla sua proprietà di mantenere una buona figura di rumore (0.7dB)

fino ai 200 Mhz. La caratteristica principale che lo rende in grado di lavorare a frequenze così elevate è la presenza di due gate su ogni lato del canale, con i quali è in grado di controllare il doppio della corrente di un MOSFET a singolo canale, permettendo delle commutazioni molto rapide fino a raddoppiare la velocità di commutazione.

Nello schema elettrico si possono notare tre parti principali: un filtro passa banda in ingresso, un circuito di polarizzazione del MOSFET dual gate e un filtro passa banda in uscita.

In ingresso abbiamo una antenna VHF collegata al nostro circuito tramite un connettore PL (SO 239); il segnale in ingresso che riceviamo potrebbe avere una componente continua che andrebbe a danneggiare il circuito, quindi si utilizza il condensatore C6 per disaccoppiare questa componente, lasciando passare solo il segnale utile. L'induttanza L1 ha il compito di eseguire l'adattamento di impedenza della linea di ingresso tramite l'autotrasformatore costituito con il tap dal collegamento con il condensatore C6. Questa induttanza ha anche il compito di formare un circuito risonante (passa banda) con il condensatore C9, il quale deve essere tarato alla frequenza di risonanza in modo da avere il massimo guadagno nella banda desiderata, in questo caso 144-146 Mhz andando ad eliminare ogni disturbo al di fuori di essa.

Il segnale filtrato deve essere amplificato e questo compito è assegnato al MOSFET dual gate BF981. Per avere una corretta amplificazione bisogna progettare un circuito di polarizzazione per il MOSFET in modo da sfruttare al massimo le sue caratteristiche e questo è possibile tramite i dati fornitici dal datasheet che raccomanda di utilizzare una corrente di source pari a 10mA e di applicare una tensione sul gate due di 4V per ottenere la miglior figura di rumore offertaci dal componente (0.7dB). Questo elemento non deve essere sottovalutato perché nel nostro caso è fondamentale avere una figura di rumore bassa, essendo il nostro circuito un preamplificatore che aumenta la sensibilità del ricevitore a cui è collegato e dove un aumento del rumore andrebbe ad essere amplificato ulteriormente danneggiando la qualità della ricezione. La corrente di alimentazione del BF981 è mantenuta stabile a 10mA dalla resistenza R4 e dai condensatori C5 e C4, che sono dei condensatori di bypass con la funzione di cortocircuitare verso massa la corrente alternata per non spostare il punto di lavoro del MOSFET. L'altra condizione per una corretta polarizzazione del BF981 è applicare 4V sul gate due e questo è realizzato tramite il partitore di tensione formato da R3 e R2. Sul gate due è presente anche un filtro passa basso (individuato dalla resistenza R2 e dal condensatore C1) per filtrare i disturbi provenienti dall'alimentazione, che andrebbero a influire sul funzionamento del MOSFET.

Amplificato il segnale, esso viene nuovamente filtrato da un altro circuito risonante posto in uscita al preamplificatore e formato dalla induttanza L2 e dai condensatori variabili C7, C8, i quali dovranno essere tarati alla frequenza di risonanza per ottenere un nuovo filtraggio cercando di avere un buon guadagno e di ridurre al minimo il rumore. Durante la regolazione dei condensatori variabili la cosa importante non è avere un guadagno alto a discapito dell'aumento dei disturbi, ma mantenere un buon rapporto tra il segnale e il rumore.

L'induttanza L2 con i condensatori C2 e C3 forma un filtro passa basso per evitare che le radiofrequenze generate dal circuito disturbino l'alimentazione. L'utilizzo di due condensatori in parallelo invece di uno di valore equivalente si può spiegare nel voler suddividere l'elemento induttivo caratteristico dei condensatori, così da rendere più precisa la realizzazione del progetto già molto delicata eliminando elementi indesiderati come un' induttanza parassita, e questo si può vedere nell'utilizzo di C2,C3 e C4,C5.

Lo schermo lamierino fa in modo che le linee di flusso del campo magnetico generatosi in uscita non influenzino il comportamento L1. Il problema che si potrebbe riscontrare, nel caso in cui L1 venga disturbata, è l'auto-oscillazione del circuito.

Durante la prova con il satellite VO-52 non è stato possibile utilizzare nessuno dei due preamplificatori realizzati secondo questo modello, in quanto uno, nonostante avesse un elevato



guadagno (pari a 20dB), si allargava di qualche centinaia di KHz oltre la banda stabilita e questo causava un ritorno di portante (quando si trasmetteva il segnale tornava indietro); mentre l'altro era troppo soggetto ai disturbi del campo magnetico d'uscita e quindi auto-oscillava.

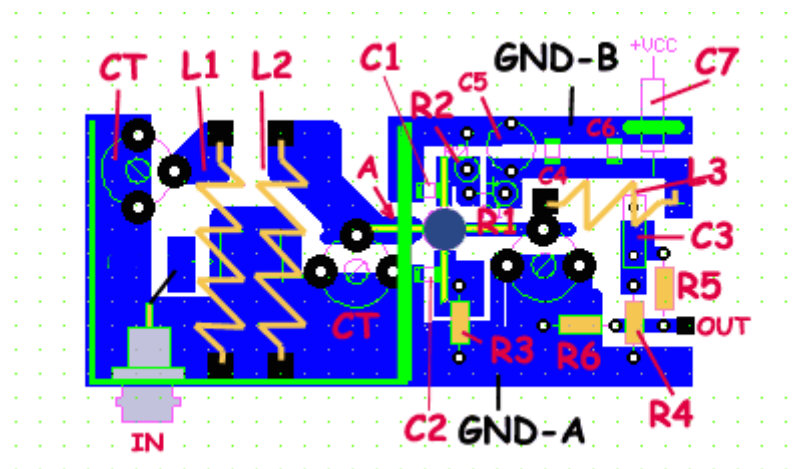
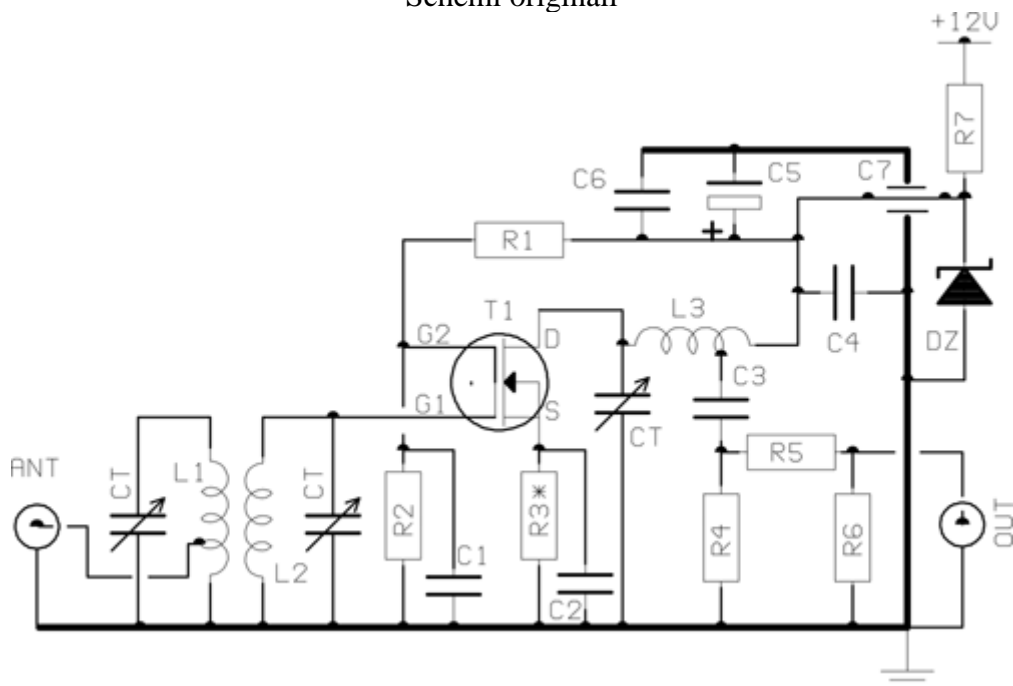
Per ovviare al problema del ritorno di portante si poteva posizionare il preamplificatore ai piedi dell'antenna, così che l'attenuazione del segnale dovuto alla lunghezza del cavo potesse eliminare il "segnale d'eco".

Per evitare l'auto-oscillazione del secondo preamplificatore si potrebbe inserire uno strato di spugna per proteggere il MOSFET dai disturbi.

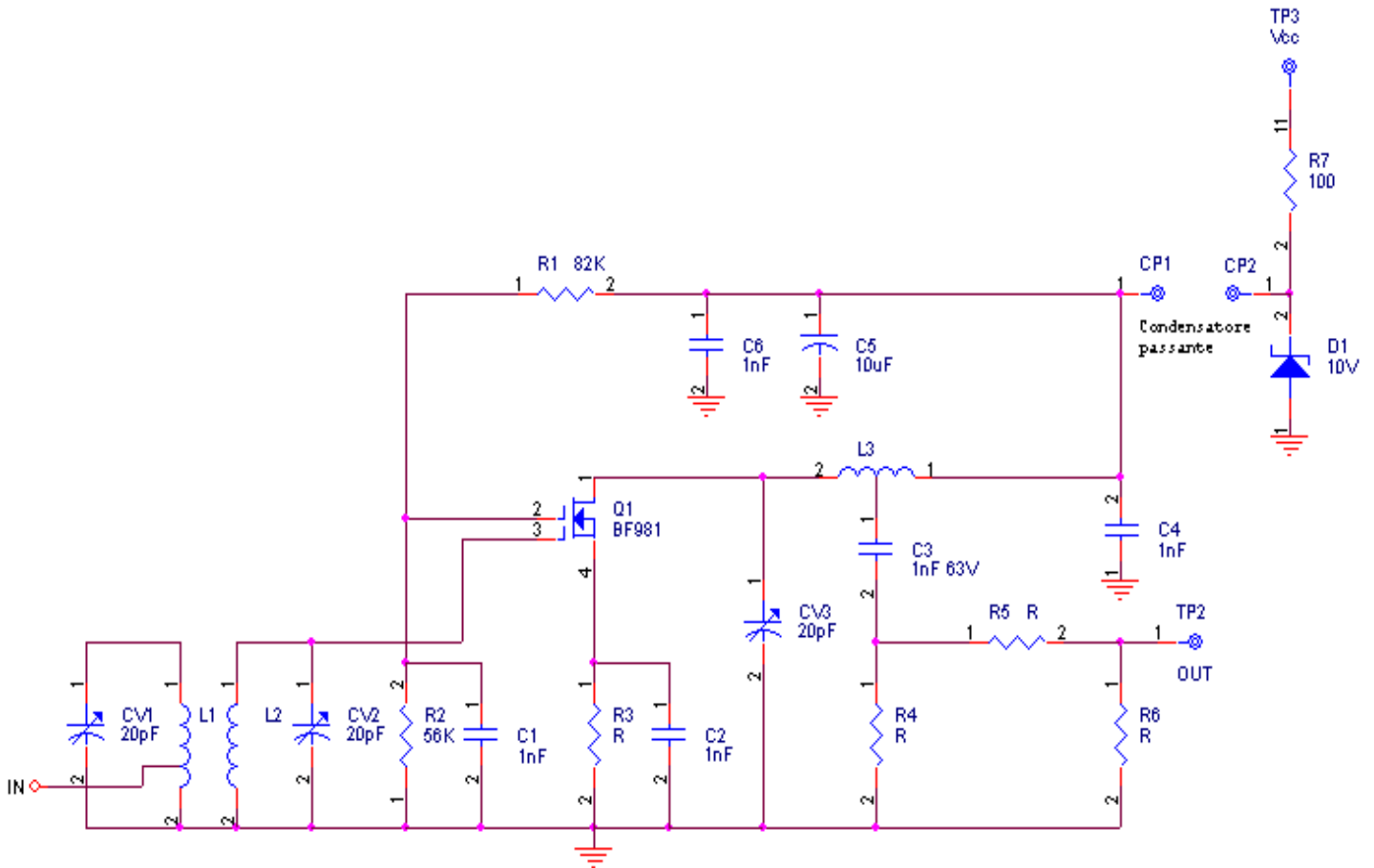
### Preamplificatore greco

Questo preamplificatore è stato realizzato seguendo i progetti del radioamatore greco SV1BSX.

Schemi originali



## Schema elettrico ridisegnato con Orcad per la realizzazione del circuito



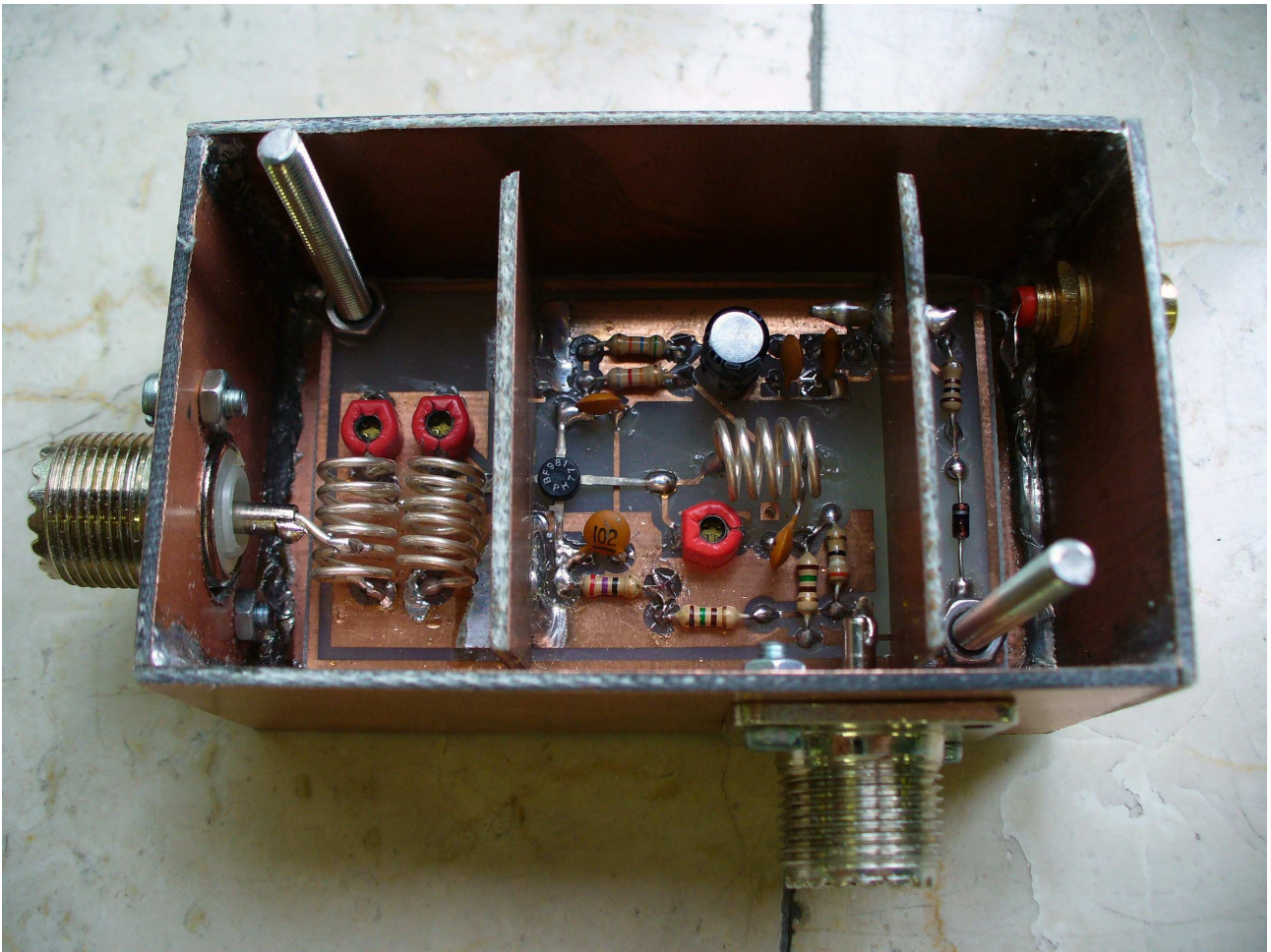
La parte di circuito composta dalle induttanze L1 e L2 e dai condensatori variabili CV1 e CV2, costituisce un filtro passa banda avente frequenza di risonanza pari a quella a cui l'antenna riceve il segnale (144MHz). Tale frequenza di risonanza è stata ottenuta regolando i condensatori variabili. Le resistenze R1 e R2 formano un partitore di tensione al fine di fornire al MOSFET BF981 una tensione di gate pari a 4V (valore fornito dai data sheet per avere la miglior figura di rumore pari a 0.7 dB). Il condensatore C2 è utilizzato come condensatore di by-pass per evitare che l'alternata vari la corrente su R3 e che quindi cambi il punto di lavoro del MOSFET. Il valore della resistenza R3 è stato scelto in modo da far assorbire al BF981 una corrente di 10mA.

L3 e il condensatore variabile CV3 costituiscono un secondo circuito risonante finalizzato al filtraggio del segnale amplificato dal MOSFET. Collegando al circuito risonante il condensatore C3 si ha un miglior adattamento di impedenza.

Le resistenze R4, R5 e R6 formano una rete di attenuazione: il segnale amplificato viene attenuato per eliminarne i disturbi.

Il condensatore passante ha lo scopo di evitare che le radiofrequenze disturbino l'alimentatore.

La resistenza R7 serve ad alimentare il diodo Zener che a sua volta fornisce un'alimentazione di 10V al circuito.



Questo preamplificatore è stato utilizzato assieme all'antenna J-Pole perché in grado di offrire un filtraggio elevato del segnale.

Durante la prova si è utilizzato questo preamplificatore, dato che quello costruito secondo le indicazioni del radioamatore I6BE presentava il problema dell'eco.

L'amplificazione di questo dispositivo non è altissima, probabilmente perché nelle reti di attenuazione si sono utilizzate resistenze di un valore tale da offrire un'attenuazione non troppo bassa.

#### Valori delle resistenze della rete di attenuazione

<b>ATT.</b>	<b>R4 &amp; R6</b>	<b>R5</b>
1 DB =>	820	5,6
3 DB =>	270	18
6 DB =>	150	39

**Tutte le resistenze sono da 0,25 W**

L'attenuazione varia al variare del valore delle resistenze

## SUMMARY

In this text I wrote about artificial satellites: how they work and how we use them.

I think that to being able to operate in the space and from the space it is an important frontier as far as technological development concerned: the creation of artificial satellites allowed to accomplish deep studies about our planet and to improve our international system of communication and information.

I didn't only write about technical aspects, I've also carried out several interdisciplinary matches talking about The Cold War (the historical period when the satellite technology was developed) and the laws about.

Thanks to ARI I've had the opportunity to test my knowledge, in fact, I've carried out a satellite communication through a satellite connection.

## **CONCLUSIONI**

Lavorando a questa tesina ho soddisfatto la mia curiosità sui satelliti artificiali, approfondendo le conoscenze in mio possesso e sviluppando argomenti interdisciplinari. Ho inoltre compreso l'importanza della lingua inglese nel campo dell'elettronica e delle telecomunicazioni soprattutto nella ricerca di documenti su Internet (molto spesso scritti in inglese) e nella comunicazione satellitare con i radioamatori, dato che la maggior parte delle conversazioni, tranne per le informazioni scambiate attraverso l'alfabeto ICAO, sono in lingua inglese.

Molto importante è stata l'esperienza radioamatoriale che mi ha permesso di mettermi alla prova nel campo delle telecomunicazioni, arricchendo il mio curriculum scolastico.

## **LIBRI E SITI INTERNET CONSULTATI**

Motore di ricerca Google

Wikipedia

FRANCESCO MARINO, *Telecomunicazioni 2*, Petrini editore, 2006