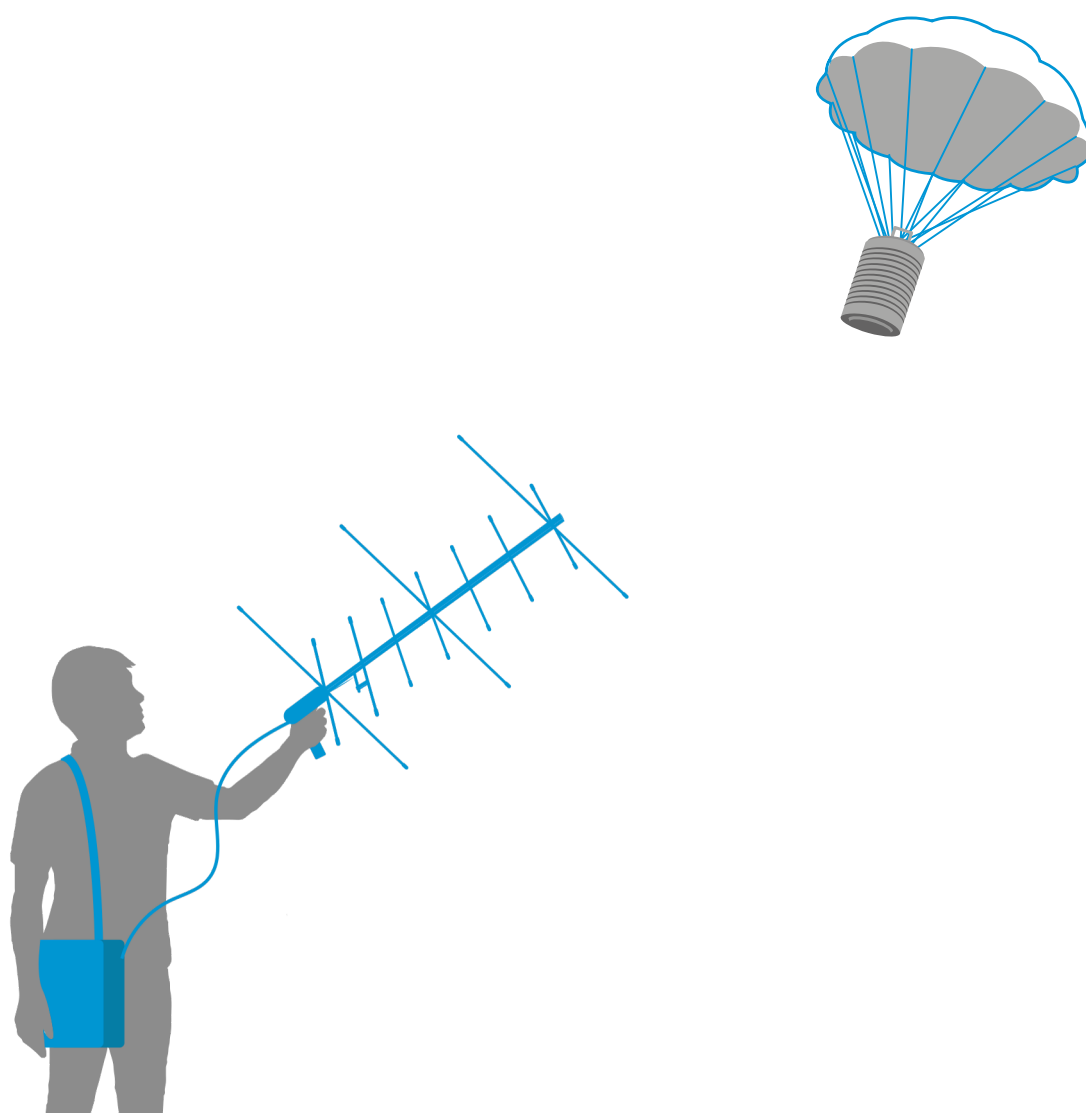
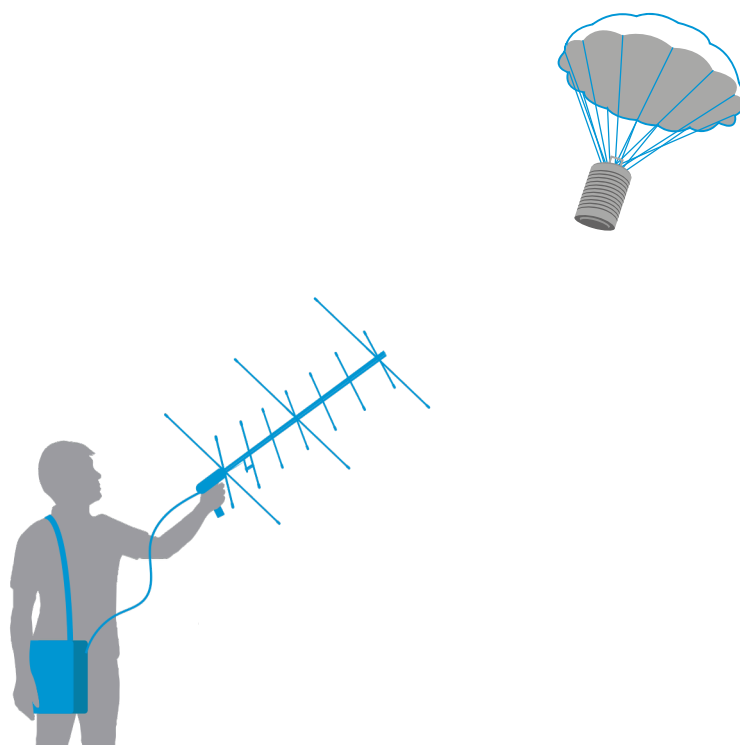


Să învățăm prin spațiu

→ COMUNICAREA PRIN UNDE RADIO

Control de la sol către un CanSat Principal





Ghidul profesorului

Caracteristici principale	pagina 3
Cuprinsul activităților	pagina 4
Activitatea 1: Noțiuni de bază despre undele radio	pagina 6
Activitatea 2: Undele radio în sateliți și comunicații	pagina 6
Activitatea 3: Alegerea frecvenței ideale	pagina 7
Activitatea 4: AM sau FM?	pagina 8
Activitatea 5: Recepționarea datelor	pagina 8
Activitatea 6: Testarea propriilor comunicații	pagina 9
Fișă de lucru pentru elevi	pagina 23
Linkuri	

Spațiul în școală – comunicarea prin unde radio | T11
www.esa.int/education

Biroul ESA Education primește feedback și comentarii la
teachers@esa.int

O producție ESA Education în colaborare cu ESERO Nordic
Copyright 2018 © European Space Agency

→ COMUNICAREA PRIN UNDE RADIO

Control de la sol către un CanSat principal

Caracteristici principale

Interval vârstă: 14-20 de ani

Discipline curriculare: Fizică, Electronică

Complexitate: Medie

Durata lecției: 120 de minute

Locație: În interior

Resurse suplimentare: Introducere în CanSat

Cost: Aproximativ 30 de euro

Cuvinte cheie: Radio, Comunicare, Lungime de undă, Frecvență, Spectru, CanSat

Scurtă descriere

Pentru a înțelege cum funcționează dispozitivele din viața de zi cu zi, precum telefoanele, routerele și sateliții, trebuie să înțelegem ce sunt undele radio și cum se transmit informațiile cu ajutorul acestora. Comunicarea prin unde radio este una dintre elementele cheie ale CanSat-ului nostru. Toate informațiile necesare experimentului nostru științific vor fi transmise de la CanSat la stația noastră de la sol prin intermediul undelor radio odată ce CanSat-ul este lansat.

Obiective generale

- Înțelegerea elementelor de bază despre undele radio și spectrul electromagnetic.
- Înțelegerea modului în care funcționează modulația și de ce este necesară transmiterea informațiilor.
- Înțelegerea importanței frecvenței și a lungimii de undă în propagarea undelor radio.
- Vor fi capabili să identifice elementele necesare într-un proces de comunicare.
- Vor fi capabili să distingă între diferite protocoale de comunicare.
- Vor fi capabili să își programeze propriul modul radio.
- Vor fi capabili să își construiască propria antena și să o folosească pentru a primi informații.

→ Cuprinsul activităților

Cuprinsul activităților					
	Titlu	Descriere	Rezultat	Cerințe	Timp
1	Noțiuni de bază despre undele radio	Introducere în undele radio și plasarea lor în spectrul electromagnetic.	Elevii vor înțelege importanța proprietăților cheie a unei unde: frecvența și lungimea de undă.	Niciuna	10 minute
2	Undele radio în sateliți și comunicații.	Prezentare generală a modului în care undele radio sunt utilizate în sistemele de comunicații din lumea reală.	Elevii vor fi capabili să aprecieze gama de utilizări a undelor radio.	Activități precedente.	10 minute
3	Alegerea frecvenței ideale.	Se discută importanța lărimii de bandă și dependența acesteia de frecvență.	Elevii vor fi capabili să aprecieze ce frecvență trebuie utilizată pentru câteva activități simple.	Activități precedente.	15 minute
4	AM sau FM?	Sunt introduși termenii de AM și FM și este explicată importanța modulației în comunicațiile radio.	Elevii vor fi capabili să explice modulația prin intermediul unei analogii simple.	Activități precedente.	10 minute
5	Recepționarea datelor.	Se prezintă antenele și se discută rolul lor într-un sistem de comunicație.	Elevii vor fi capabili să descrie principiile de bază de operare ale antenei.	Activități precedente.	20 minute
6	Testarea propriilor comunicații.	Sunt oferite îndrumări despre cum să scrieți un cod pentru a testa sistemul de comunicații.	Elevii vor fi capabili să testeze și demonstreze comunicațiile radio cu un modul radio folosind codul pe care l-au scris.	Activități precedente.	55 minute

→ Introducere

În cadrul acestei resurse, elevii vor explora modul în care undele radio sunt utilizate în sistemele de comunicații și vor înțelege utilitatea acestora pentru un proiect CanSat. Înainte de a face acest lucru, ei vor face cunoștință cu caracteristicile importante ale unei unde radio și locul undelor radio în spectrul electromagnetic. De asemenea, vor învăța și despre diferitele tipuri de unde radio și despre modul în care fiecare tip are propriile funcții și utilizări înainte de a utiliza în final un modul radio pentru a primi date de la “CanSat-ul” lor.

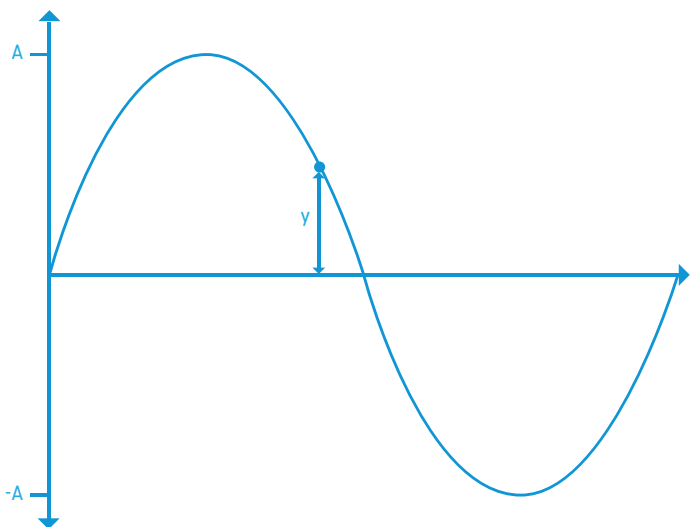
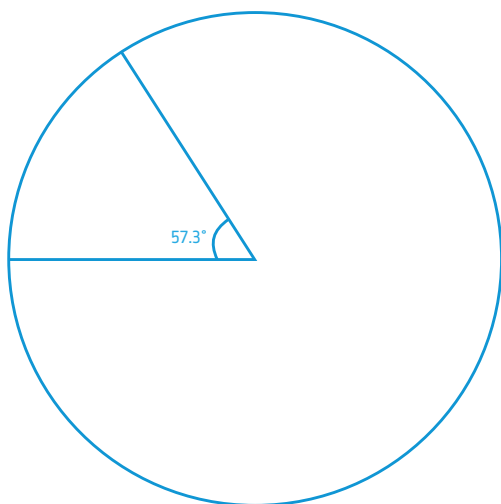
Context: Undele, o abordare matematică

Cea mai simplă formă a oricărei unde este o undă sinusoidală cu amplitudinea constantă A și o singură frecvență f . “Deplasarea” undei (y) după un timp t este:

$$y = A \sin(2\pi f t)$$

Termenul 2π rezultă din faptul că există 2π **radiani** într-un singur “ciclu” al unei unde sinusoidale. Radianii sunt o unitate de măsură pe care o folosim desatunci când vorbim despre unde sinusoidale. Simplu spus, un radian poate fi privit ca o măsură a unui unghi. Fiecare radian are aproximativ 57 de grade. Timpul (t) are ca unitate de măsură secunde. Pentru o undă dată, $2\pi f$ și A sunt constante, prin urmare, folosind ecuația de mai sus, este simplu să se determine deplasarea (y) la orice moment de timp dat.

Cele două diagrame de mai jos te pot ajuta să vizualizezi acest lucru mai ușor:



→ Activitatea 1: Noțiuni de bază despre undele radio

În această activitate elevii fac cunoștință cu undele radio și cu poziția acestora în spectrul electromagnetic. Sunt prezentate proprietățile de bază ale unei unde: lungimea de undă și frecvența.

Exersează

Elevii completează un tabel cu informații despre undele radio. Aceștia pot estima frecvențele pe baza graficului din activitate (Figura A1), sau le pot calcula folosind valorile lungimilor de undă furnizate în text. Valorile prezentate mai jos sunt obținute prin calcul. Aceste valori sunt aproximative și ar trebui utilizate doar pentru a oferi o idee generală asupra intervalului posibilelor valori.

Tabel 1			
	Unitate de măsură	Valoare Minimă	Valoare Maximă
Lungime de undă	m	0.1	zeci de kilometri
Frecvență	Hz	3×10^4	3×10^9

→ Activitate 2: Undele radio în sateliți și comunicații.

În această activitate elevilor li se prezintă importanța undelor radio pentru comunicații și diferitele utilizări ale acestora în cadrul spectrului undelor radio. Elevii determină proprietățile mai multor module radio utilizate frecvent în proiectele CanSat.

Exercițiul 1

1. Calculați FSPL (free-space path loss - atenuarea în spațiu liber) în decibeli pentru un emițător tipic de CanSat ($f = 433 \text{ MHz}$) în momentul lansării CanSat-ului (1km).

Utilizând ecuația pentru FSPL din fișa de lucru pentru elevi și înlocuind valorile date pentru f și R , rezultatul este de 85 de decibeli.

Exercițiul 2

Elevii completează un tabel cu informațiile despre transmițătoarele CanSat.

Tabel 2			
Emițător	Frecvența	Lungime de undă/m	Banda
APC220	418Mhz-455Mhz	0.66 - 0.72	UHF
Lora	Diverse (ex. 868Mhz)	0.35	UHF
X-Bee	2.4Ghz	0.13	UHF

→ Activitatea 3: Alegerea frecvenței ideale

În această activitate elevilor li se prezintă importanța lățimii de bandă și a spectrului atunci când aleg o frecvență pentru un dispozitiv de comunicații. Sunt sugerate câteva scenarii simple pentru a oferi un context.

1. Deoarece fiecare frecvență are propria utilizare, să ne gândim ce benzi (de frecvență joasă/medie/înalță) poți utiliza pentru transferurile de date de mai jos:

Trimiterea unui semnal S.O.S. pe o distanță de câțiva kilometri - frecvență joasă

Transmiterea în direct a unui video de la CanSat-ul vostru către o stație de la sol - frecvență înaltă

Trimiterea unui mesaj text - frecvență medie

Cele trei tipuri de transferuri de date au loc pe distanțe diferite și necesită viteze de transfer diferite. În primul rând, trimiterea unui semnal S.O.S. pe o distanță de câțiva kilometri; acesta este un set simplu de date de transmis, dar pe o distanță semnificativă, astfel încât o frecvență joasă (lungime de undă mare) este potrivită. În schimb, transmiterea în direct a unui video de la un CanSat către o stație de la sol necesită un debit de biți mult mai mare, dar pe o distanță mult mai scurtă, motiv pentru care este preferată o frecvență înaltă. Transmiterea unui mesaj text se află undeva între aceste două extreme, astfel încât frecvența medie este potrivită.

2. Dacă așa-numitul ‘punct optim’ se află în banda UHF, de ce sateliții folosesc în principal banda SHF?

Frecvențele SHF ocupă un alt ‘punct optim’ în spectrul radio, deoarece lungimea de undă redusă a acestora permite direcționarea lor prin antene cu apertură îngustă, cum ar fi antenele parabolice și antenele horn. Acestea sunt utilizate pentru comunicații punct la punct, legături de date și radare.

Acest lucru nu ar fi posibil cu lungimi de undă mai mari (de exemplu, în banda UHF).

Pe de altă parte, acestea sunt cele mai înalte frecvențe ce pot fi folosite pentru comunicații terestre pe distanțe lungi; frecvențele mai înalte din banda EHF (unde milimetrice) sunt puternic absorbite de atmosferă, limitând distanțele practice de propagare la doar un kilometru. Frecvența înaltă oferă legăturilor de comunicație prin microunde o capacitate foarte mare de transport a informației (lățime de bandă).

→ Activitatea 4: AM sau FM?

Sunt introduse conceptele de AM și FM și este oferită o explicație a ‘modulației’. Elevii explorează o analogie simplă pentru a-i ajuta să înțeleagă ce este modulația.

Exercițiu

1. Dacă așa-numitul ‘punct optim’ se află în banda UHF, de ce sateliții folosesc în principal banda SHF?

Fără această separare a frecvențelor, este foarte probabil ca echipele CanSat să recepționeze interferențe din partea transmisiei altei echipe - iar acest lucru ar putea periclita succesul misiunii!

→ Activitatea 5: Recepționarea datelor

În această activitate este explicat procesul de comunicație din cadrul competiției CanSat și sunt explicate principiile de bază ale funcționării antenelor. În plus, elevii vor înțelege mai în profunzime complexitatea antenelor. Sunt prezentate cele mai utilizate trei tipuri de antene și se explică diferențele dintre ele.

Exercițiu

1. Ce tip de antenă ai alege pentru stația de la sol și pentru CanSat-ul tău?

Antena de la bordul CanSat-ului trebuie să fie izotropă (sau cât mai aproape), ceea ce înseamnă că transmite aceeași cantitate de energie în toate direcțiile. Antenele monopol au jumătate din dimensiunea antenelor dipol echivalente, motiv pentru care sunt o opțiune atractivă atunci când este necesară o antenă mai mică. Antena conectată la stația de la sol poate fi direcționată către CanSat, astfel încât poate fi concepută ca o antenă direcțională cu amplificare mare, ce recepționează mai multe unde electromagnetice dintr-o singură direcție decât din celelalte.

2. Puteți calcula ce lungime trebuie să aibă o antenă în sfert de undă pentru a recepționa un semnal Wi-Fi de 2.4GHz ?

Folosind ecuația prezentată elevilor în cadrul activității:

$$L = c/4f = 3 \times 10^8 / (4 \times 2.4 \times 10^9) = 0.03\text{m} = 3\text{cm}$$

→ Activitatea 6: Testarea propriilor comunicații

În această activitate elevii folosesc o placă Arduino și module radio APC 220 pentru a realiza un test simplu de comunicație radio. Pentru o înțelegere aprofundată, aceștia au și provocarea de a compara rezultatele obținute cu ajutorul unei antene Yagi.

Exercițiu

1. Cât de departe poate merge partenerul tău înainte ca tu să nu mai recepționezi semnalul?

Rezultatele experimentale pentru acest exercițiu pot varia de la un elev la altul.

2. Ce ai putea schimba pentru a îmbunătăți raza de acoperire?

Există mai multe aspecte care pot fi modificate pentru a îmbunătăți raza unei transmisii, printre care:

- Mărirea puterii de transmisie.
- Reducerea frecvenței (creșterea lungimii de undă).
 - o Cu toate acestea, îmbunătățirea razei de acoperire obținute prin reducerea frecvenței sunt observabile doar la o scară macro. Este puțin probabil ca elevii să poată observa vreo modificare în cadrul razei de acoperire a transmițătoarelor lor.
- Asigurarea unei linii directe între emițător și receptor.
 - o Notă: Acest fenomen se poate observa ușor atunci când obstacolele sunt mai mari sau cel puțin comparabile ca mărime cu lungimea de undă a transmisiei.
- Utilizarea unei transmisii direcționale (antene Yagi).

3. Ce ai putea schimba pentru a îmbunătăți raza de acoperire?

Dacă elevii încearcă să folosească o antenă în sfert de undă (de tip duck) atât pentru transmisia, cât și pentru recepția datelor, vor constata că raza de acoperire permisă scade. Aceste antene sunt omnidirecționale, astfel încât puterea lor de ieșire pe o anumită direcție este mai mică decât cea a unei antene Yagi. Prin urmare, în competiția CanSat, cel mai rațional este să se folosească o antenă de tip duck în interiorul CanSat-ului și o antenă Yagi pentru stația de la sol.

→ COMUNICARE PRIN UNDE RADIO

Control de la sol către un CanSat Principal

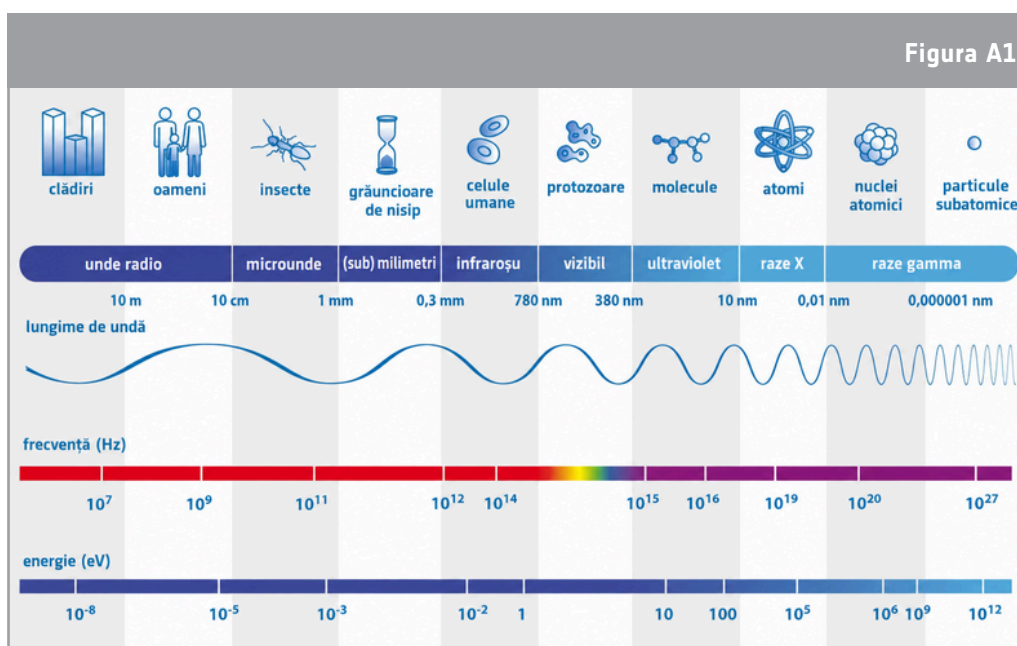
→ Activitatea 1: Noțiuni de bază despre undele radio

Undele radio sunt peste tot în jurul nostru în viața de zi cu zi, dar ce înțelegem prin undă radio și de ce sunt acestea importante pentru misiunea ta CanSat? O mare parte din comunicațiile noastre zilnice se bazează pe unde radio - poate chiar lucruri la care nu te-ai aștepta, cum ar fi Wi-Fi și Bluetooth, nu doar radioul din mașină! Vom explora ce sunt mai exact undele radio și cum le putem folosi pentru a comunica cu CanSat-ul nostru.

Ce este o undă radio?

În orice tip de comunicație avem nevoie de o sursă, un purtător și un receptor și un mediu de propagare. Un exemplu foarte simplu este comunicarea verbală: în acest caz, persoana care vorbește este sursa, unda sonoră este purtătorul, persoana care ascultă este receptorul, iar mediul este aerul.

Comunicarea radio reprezintă transmiterea de informații dintr-un loc în altul folosind un tip de undă electromagnetică: undele radio. Undele radio se află la capătul lungimilor de undă mari ale spectrului electromagnetic și, spre deosebire de sunet, se poate propaga în vid.



↑ Spectrul electromagnetic

Lungimea de undă a semnalelor radio poate varia de la aproximativ 0.1 metri, până la zeci de kilometri.

Frecvența unei unde (care este numărul de cicluri pe secundă, măsurată în Hz) poate fi calculată din lungimea de undă folosind următoarea ecuație:

$$\lambda \cdot f = c$$

Unde λ este lungimea de undă (care este lungimea unui ciclu al undei), f este frecvența și c este viteza luminii ($c=3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$)

Exercițiu

Folosind informațiile și ecuația de mai sus, completează tabelul de mai jos pentru undele radio:

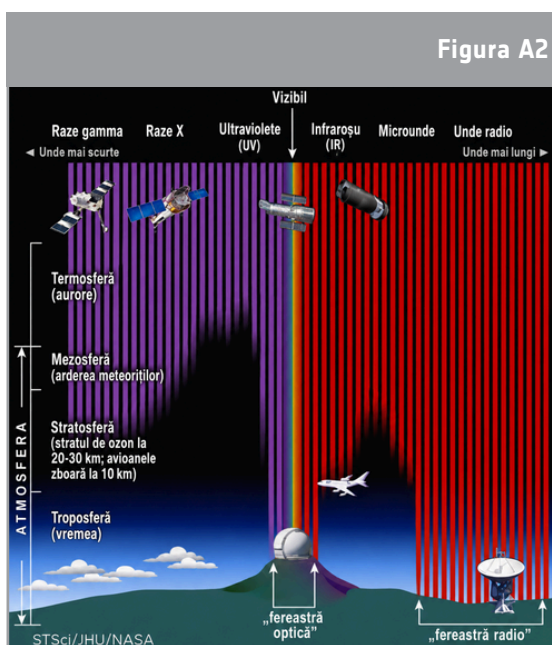
	Unitate de măsură	Valoare minimă	Valoare maximă
Lungime de undă			zeci de kilometri
Frecvență			

→ Activitatea 2: Undele radio în sateliți și comunicații

Undele radio sunt probabil cele mai utilizate tipuri de unde electromagnetice în comunicații din viața de zi cu zi. Dar de ce sunt atât de utile? În această activitate vom afla despre avantajele undelor radio pentru comunicații și cum alegerea unei frecvențe și lungimi de undă pentru undele noastre radio vor fi esențiale în proiectul nostru.

Unda mea s-a pierdut!

Există anumite tipuri de unde în spectrul electromagnetic care nu pot fi absorbite de atmosferă. Figura următoare arată în ce punct din atmosferă sunt absorbite undele din spațiu.



După cum puteți observa, undele radio ocupă un loc privilegiat în spectrul electromagnetic, deoarece majoritatea trec prin atmosferă fără a fi absorbite!

Undele radio, precum și unele microunde, reprezintă cea mai bună opțiune pe care o pot folosi sateliții noștri de comunicații aflați pe orbită.

Atenuarea în spațiul liber

Există un alt aspect de care trebuie să ținem cont în comunicarea prin unde radio. Atenuarea în spațiul liber (FSPL) este pierderea din intensitatea semnalului unei unde electromagnetice ce rezultă dintr-un traseu în linie dreaptă prin spațiul liber, fără obstacole în apropiere care să atenueze semnalul. Dar dacă nu există obstacole, de ce avem o pierdere a intensității semnalului? Să încercăm o analogie:

↑ Spectrul electromagnetic

Imaginează-ți că umfli puțin un balon și desenezi un cerc pe el cu un marker. Dacă încercăm să privim în interiorul balonului, vom observa că materialul acestuia este prea dens pentru a se putea vedea prin el. Acum umflă balonul mai mult și redesenează un cerc de aceeași mărime pe suprafața lui. Suprafața la care ne uităm este aceeași, dar, pe măsură ce balonul s-a extins în toate direcțiile, materialul este mai puțin dens, iar acum putem vedea prin el. Acesta este un principiu similar cu modul în care apare atenuarea în spațiul liber (FSPL). Acest fenomen apare în vid în condiții ideale, de exemplu în cazul unei comunicări prin unde radio între sateliți. Atenuarea în spațiul liber poate fi calculată ca raport între puterea transmisă și cea recepționată:

$$FSPL = \log_{10} \left(\frac{P_{\text{transmis}}}{P_{\text{recepționat}}} \right) = \log_{10} \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot R \cdot f}{c^2} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot R \cdot f}{c} \right)$$

Unde f este frecvența de transmitere și R este distanța dintre emițător-receptor. Rețineți, aceasta este atenuarea care apare chiar și în vid, atenuările reale vor fi mult mai mari!

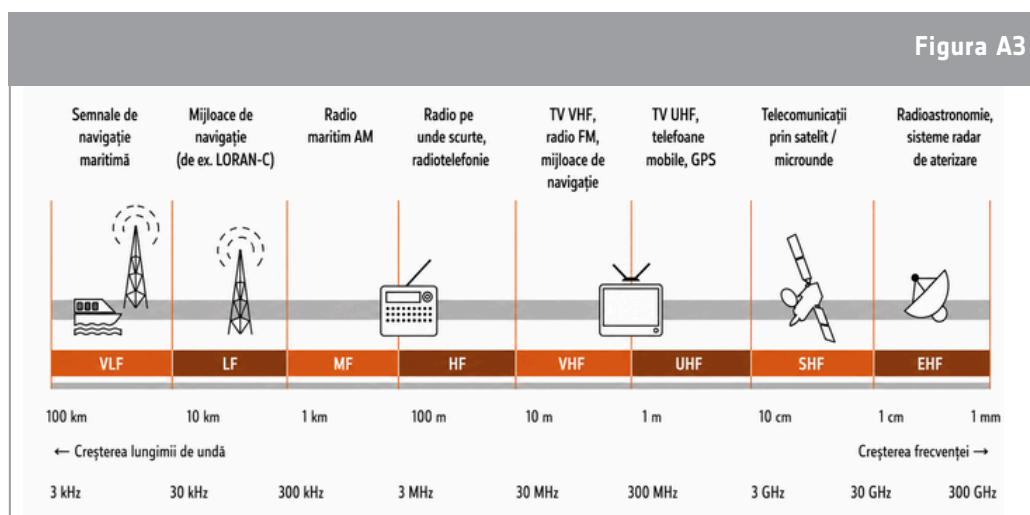
Exercițiu 1

1. Calculează FSPL în decibeli pentru un emițător tipic CanSat ($f = 433 \text{ MHz}$) la momentul lansării CanSat-ului (1km).

Explorarea spectrului radio

Să explorăm acum utilizările diferitelor tipuri de unde radio în funcție de frecvențele acestora.

În figura de mai jos, putem observa cum sunt folosite undele radio de frecvențe diferite în diverse tipuri de comunicații, de la semnale de navigație maritimă până la sisteme radar de aterizare.



↑ Spectrul radio și utilizările sale

După cum se observă în figură, pentru comunicațiile satelitare folosim banda SHF (frecvență super înaltă), cu frecvențe cuprinse între 2 GHz și 30 GHz și lungimi de undă cuprinse între 1 cm și 10 cm. Aceste unde se încadrează în banda microundelor, astfel încât undele radio de aceste frecvențe specifice sunt numite microunde.

Exercițiul 2

Completează tabelul de mai jos cu lungimile de undă și banda pentru trei dintre cele mai cunoscute transmițătoare CanSat.

Emițător	Frecvență	Lungime de undă/m	Bandă
APC220	418Mhz-455Mhz		
Lora	Diverse (ex. 868Mhz)		
X-Bee	2. 4Ghz		

→ Activitatea 3: Alegerea frecvenței ideale

Există două considerente importante de care trebuie să ții cont atunci când decizi ce frecvență să folosești pentru dispozitivul tău de comunicare. Primul este: “Cât de multe date trebuie să transmiți?”. Al doilea este: “Cât de departe vreau să transmit datele mele?”. Ambele sunt influențate de frecvența utilizată; hai să vedem cum.

Punctul optim: lățimea de bandă versus raza de acoperire

În exercițiul anterior, ar fi trebuit să realizezi că toate transmițătoarele CanSat transmit informația în aceeași bandă a spectrului radio. Dar de ce?

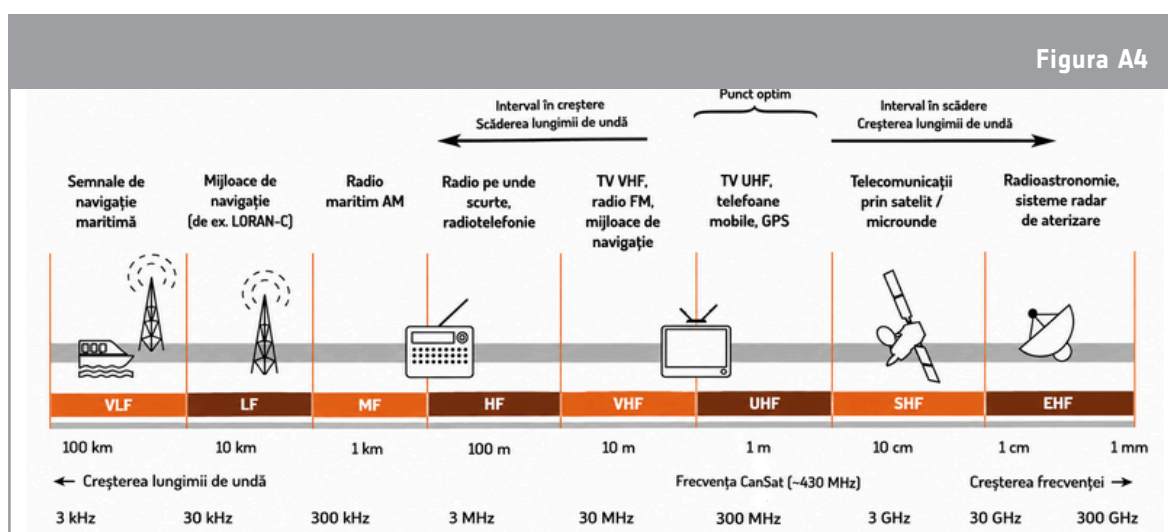
Două elemente joacă un rol cheie în alegerea frecvenței noastre: lățimea de bandă și raza de acoperire.

Lățimea de bandă, măsurată în hertz, reprezintă intervalul de frecvențe în care se încadrează cea mai mare parte din puterea emițătorului. Cu cât un semnal trebuie să transporte mai multe informații, cu atât are nevoie de o lățime de bandă mai mare. De exemplu, un sistem care funcționează pe frecvențe cuprinse între 150 și 200 MHz are o lățime de bandă de 50 MHz (200MHz - 150MHz).

Atunci când discutăm despre lățimea de bandă, este important să înțelegem doi termeni cheie: bandă îngustă și bandă largă. Semnalele de bandă îngustă, așa cum le sugerează și numele, au o lățime de bandă mai mică (în intervalul kilohertziilor). Acestea pot fi utilizate pentru transmisii de viteză mică. Pe de altă parte, semnalele de bandă largă au o lățime de bandă în intervalul megahertziilor și pot susține transmisii de date la viteze mult mai mari, cum ar fi clipurile video de înaltă calitate.

Raza de acoperire a unei unde de comunicație reprezintă distanța pe care unda o poate parcurge pentru a fi recepționată corespunzător. Această pierdere provine în principal din atenuarea și absorbția produse de mediul înconjurător. Într-o situație ideală, toate undele pot parcurge o distanță infinită (gândește-te, de exemplu, la lumina ce vine de la stelele aflate la o distanță de milioane de ani lumină depărtare). Cu toate acestea, obiectele și mediul pot absorbi și difracta undele - în general, lungimile de undă mai mari au nevoie de obiecte mai mari pentru a fi difractate sau absorbite.

Scopul fiecărui tip de comunicație radio este diferit: uneori vrem să transmitem o cantitate mare de informații pe o distanță scurtă, alteori trebuie să transmitem foarte puține informații pe o distanță lungă. Decizia de a opera CanSat-ul nostru într-o frecvență sau alta rezultă din analiza obiectivelor și caracteristicilor comunicației noastre.



↑ Spectrul radio și utilizările sale

În figura de mai sus, se poate observa că, cu cât este mai înaltă frecvența pe care o alegem, cu atât lățimea de bandă disponibilă este mai mare și raza de acoperire mai mică. Asta înseamnă că putem transmite mult mai multe informații dacă alegem benzi de frecvență mai înalte, însă raza de acoperire a comunicațiilor noastre va fi semnificativ mai mică decât în benzile de frecvență joasă.

Cu toate acestea, lucrurile nu sunt chiar atât de simple deoarece distanța pe care o comunicație radio este utilă depinde în mod semnificativ și de alți factori în afară de lungimea de undă, precum puterea emițătorului, calitatea receptorului, tipul, dimensiunea și înălțimea antenei, modul de transmisie, zgomotul și prezența altor semnale de interferență.

Frecvența utilizată în transmițătoarele CanSat se bazează pe ceea ce este numit adesea “punct optim”, principala bandă de “frecvență ultra înaltă” sau banda “UHF” din spectrul radio. Frecvențele mai înalte nu sunt atât de dorite deoarece sunt puternic absorbite de atmosferă, astfel încât raza lor de acoperire scade, în timp ce frecvențele mai joase au o capacitate mai mică a lățimii de bandă.

Exercițiu

1. Cum fiecare frecvență își are utilizarea ei, să ne gândim ce benzi (de frecvență joasă, medie, înaltă) ai putea folosi pentru transferurile de date de mai jos:

Trimiterea unui semnal S.O.S pe o distanță de câțiva kilometri - _____

Transmiterea în direct a unui videoclip de la CanSat-ul tău către o stație de la sol - _____

Trimiterea unui mesaj text - _____

2. Dacă așa-numitul ‘punct optim’ se află în banda UHF, de ce sateliții folosesc în principal banda SHF?

Știi că?

ESA (Agenția Spațială Europeană) operează unele dintre cele mai sofisticate stații de urmărire din lume, situate pe întreg globul, permițând navelor spațiale să mențină contactul cu Pământul în timp ce călătoresc în Sistemul nostru Solar. Inginerii pot indica cu precizie orbita unei nave spațiale care explorează Planeta Marte sau Venus - la o distanță de peste 100 de milioane de kilometri de Pământ - cu o acuratețe de sub 1 kilometru.



http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2013/09/Tracking_spacecraft_deep_across_the_void

→ Activitatea 4: AM, FM sau...?

AM și FM sunt doi termeni cu care s-ar putea să fii deja familiarizat. Probabil că te-ai întâlnit cu ei când ascultai radio sau poate ți-ai configurat propriul tău post de radio? Dar ce înseamnă mai exact acești termeni și de ce sunt importanți pentru CanSat-ul nostru? Hai să aflăm!

Fiecare mesaj are nevoie de un mesager

Litera 'M' din 'AM' și 'FM' vine de la 'modulație', înainte de a putea explica ce înseamnă acest lucru, trebuie mai întâi să înțelegem alți doi termeni:

- **Unda semnal:** conține informația sau mesajul ce urmează să fie transmis (ex. date despre umiditate)
- **Unda purtătoare:** mijlocul prin care urmează să fie transmisă informația (de obicei o undă electromagnetică, ex. o undă radio, lumina vizibilă sau curentul alternativ)

Utilizarea undelor radio drept unde purtătoare pentru a transfera informații înseamnă că informația trebuie adăugată la frecvența radio utilizată. Adăugarea acestei informații se numește modulație.

Haideți să facem un scurt experiment mental pentru a ne ajuta să înțelegem **modulația**.

Ia o bucată de hârtie, cum ar fi un plic, și încearcă să o arunci la o distanță mai mare de 10 metri. Reușești?

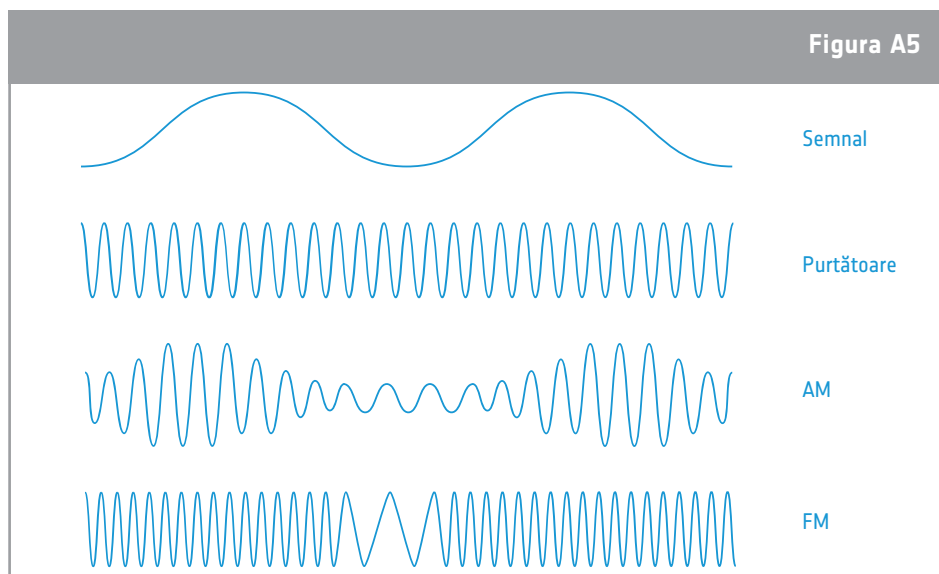
Acum, ia o piatră de mărime medie și înfășoară hârtia în jurul ei. Reușești să o arunci 10 metri de data aceasta?

Hârtia care înfășoară piatra își poate atinge scopul (să parcurgă 10 metri) deoarece am modificat una dintre proprietățile sistemului. Informația pe care vrem să o transmitem (hârtia) poate fi astfel transmisă cu ajutorul unei purtătoare (piatra).

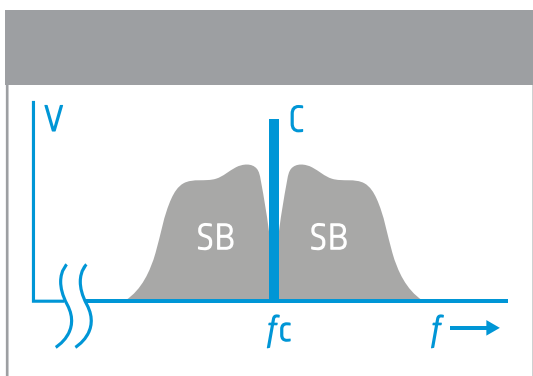
În electronică și telecomunicații, modulația este procesul de transmitere a unui semnal mesaj - de exemplu, un flux de biți digitali sau un semnal audio analogic - în interiorul unui alt semnal care poate fi transmis fizic. În acest caz, modificăm proprietățile aceluia semnal, cum ar fi frecvența sau amplitudinea.

Există multe forme de modulație, însă cele mai comune sunt AM și FM.

- **În cazul AM (modulație în amplitudine)**, informația este transmisă prin modificarea frecvenței purtătoare.
- **În cazul FM (modulație în frecvență)**, se modifică frecvența instantanee a purtătoarei.



↑ Diferența dintre modulația AM și FM



↑ Semnal radio modulat

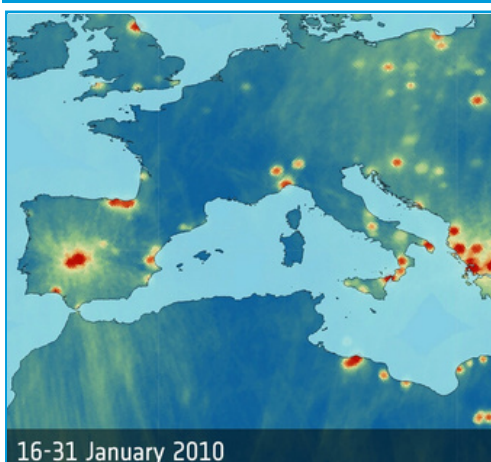
Un exemplu despre cum arată o undă finală, modulată, este prezentată mai jos. Tensiunea (V) este afișată pe axa y deoarece așa este măsurat inițial un semnal. Calculatoarele de bord sunt programate apoi să coreleze tensiunea cu mărimea de care suntem de fapt interesați.

În Figura A6, f este frecvența, f_c este frecvența purtătoare și SB reprezintă benzile laterale. Puteți observa cum tensiunea semnalului scade la zero la marginile benzilor laterale. Cu cât lățimea de bandă este mai mare, cu atât benzile laterale sunt mai late.

Exercițiu

Dispozitivele noastre utilizate în viața de zi cu zi nu se bazează niciodată pe aceleași frecvențe. Puteți observa câteva exemple de aparate de uz casnic și frecvențele lor de funcționare în Figura A3 din Activitatea 2. Similar, în competiția europeană CanSat, frecvențele alocate echipelor CanSat sunt separate prin cel puțin 0.1MHz. Puteți explica de ce?

Știi că?



Misiunea SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity - Umiditatea Solului și Salinitatea Oceanelor) a Agenției Spațiale Europene este dedicată realizării de observații globale asupra umidității solului și a salinității apei oceanelor. Atunci când satelitul SMOS al ESA a fost plasat pe orbită în 2009, s-a constatat că numeroase emițătoare ilegale din întreaga lume îi întrerupeau semnalul. Cu toate acestea, prin colaborarea cu autoritățile naționale de protecție a frecvențelor, 75% dintre aceste emițătoare au fost închise. Acesta este un proces anevoios, iar în unele regiuni cum ar fi Coasta Libiei și estul Mării Mediterane rămân bruiate, strategiile de reducere a interferențelor neavând succes până în prezent.

Așadar, ce tip de modulație ar trebui să folosești?

Știind că:

- Când amplificăm un semnal modulat în amplitudine, este amplificat și zgomotul, o situație ce nu apare în cazul modulației în frecvență.
- În cazul modulației în frecvență, amplitudinea undei purtătoare este mai mică în comparație cu amplitudinea benzilor laterale, astfel că o parte semnificantă din puterea de transmisie este direcționată către benzile laterale, acolo unde este informația.
- Modulația în frecvență necesită o putere de transmisie mult mai mică decât cea în amplitudine pentru a transmite aceeași cantitate de informație.
- Este necesară o lățimea de bandă mai mare în cazul modulației în frecvență decât cea pentru modulația în amplitudine.
- Modulatoarele și demodulatoarele sunt mult mai complexe pentru modulația în frecvență.

Aproape toți factorii prezentați mai sus favorizează modulația în frecvență în defavoarea celei în amplitudine, acesta fiind motivul pentru care este mult mai utilizată în viața de zi cu zi. Cu toate acestea, ambele variante pot fi considerate demodate deoarece au apărut variante noi precum FSK (frequency-shift keying - manipulare prin comutare de frecvență) ce ne ajută să transmitem o cantitate mai mare de informație. Cel mai utilizat model de emițător în cadrul proiectului CanSat este APC220 ce utilizează acest tip de modulație.

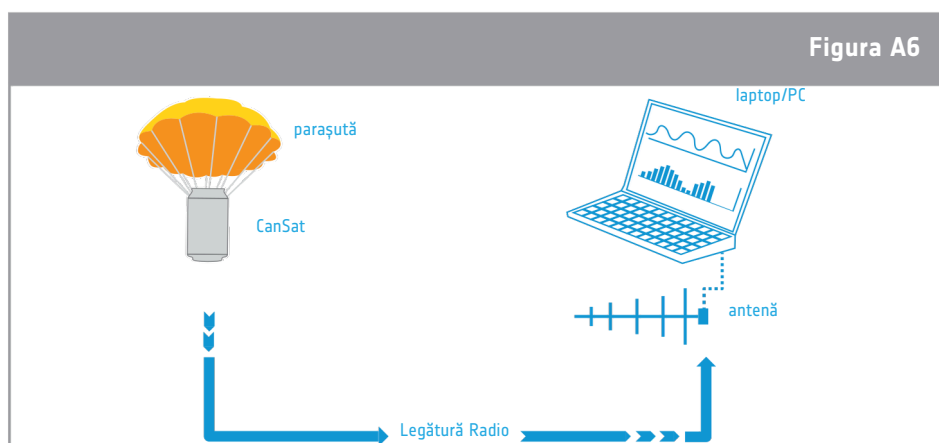
→ Activitatea 5: Recepționarea datelor

Un emițător creează un semnal oscilant într-un cablu conectat la antenă. Acest semnal este transformat și emis sub formă de unde electromagnetice prin intermediul antenei. La capătul de recepție al comunicației, o parte din această undă este captată și transformată înapoi în curent electric de către o altă antenă.

Proiectul tău CanSat va include două antene: una la bordul CanSat-ului, iar a doua la stația de la sol. Antenele trebuie realizate după specificații diferite, chiar dacă modul de funcționare este similar. Trebuie să analizezi caracteristicile fiecărei antene pentru a alege cea mai bună opțiune atât pentru CanSat, cât și pentru stația de la sol.

Ascultă undele staționare

În timp ce se află în aer, CanSat-ul trimite informații prin intermediul undelor radio, iar acestea sunt detectate apoi de o antenă de la stația de la sol. Această informație este apoi procesată de codul tău în date pe care le poți înțelege, cum ar fi măsurătorile de umiditate și temperatură. Un termen întâlnit des în procesul de construire a unei antene este cel de antenă "sfert de undă" ($1/4$ din lungimea de undă). Acest termen se referă la dimensiunile fizice reale ale antenei în raport cu lungimea de undă pe care încerci să o recepționezi. Atunci când unda interacționează cu antena, în interiorul acesteia se creează unde staționare de electroni. Orientarea și lungimea antenei asigură că unda staționară finală reflectă cu precizie unda recepționată. Această mișcare a electronilor poate fi interpretată de un calculator.



↑ Schema comunicării CanSat-Stație de la Sol

Dispozitive ce conțin receptoare radio: televizoare, echipamente radio, stații radio emisie-recepție, telefoane mobile, rețele de calculatoare wireless, dispozitive de navigație GPS, radiotelescoape, dispozitive Bluetooth, sisteme de deschidere a ușilor de garaj și dispozitive de monitorizare pentru bebeluși.

Calitatea legăturii radio depinde în principiu de trei aspecte: puterea emițătorului, sensibilitatea receptorului și antenele utilizate. Toți acești factori pot fi modificați prin alegerea emițătorului și a antenelor pe care le vei utiliza.

Știi că?



Aceasta este camera Hertz (Hybrid European RF and Antenna Test Zone) a Agenției Spațiale Europene pentru testarea antenelor, aflată la centrul de testare ESTEC, cunoscut anterior sub numele de Compact Payload Test Range. Pereții metalici blochează semnalele radio din exterior, în timp ce în interior structurile din spumă absorb undele radio interne pentru a crea condiții ce stimulează vidul din spațiul cosmic.

Exercițiu

1. Ce tip de antenă ai alege pentru stația de la sol și pentru CanSat-ul tău?

Tipuri de antene

Cele trei tipuri comune de antene sunt: antena sfert de undă, antena de tip Duck și antena Yagi; le vei explora pe toate mai în detaliu.

Tipul 1 de antenă pentru CanSat: Antenă de tip Sfert de Undă

O formă comună de antenă este **antena monopol**. O antenă monopol este o antenă cu tijă dreaptă pe post de conductor, cea mai utilizată fiind antena sfert de undă. Motivul din spatele acestui nume este destul de simplu: lungimea tijei conductoare este un sfert din lungimea de undă a unde radio pe care o va recepționa sau transmite!

Lungimea necesară a unei antene sfert de undă poate fi așadar calculată folosind următoarea ecuație:

$$L = \frac{c}{4f}$$

Unde:

L este lungimea antenei [m]

c este viteza luminii (3×10^8 km/s) [m/s]

f este frecvența de lucru [Hz]

Formula arată că lungimea antenei pentru un receptor ce folosește o frecvență de 434 MHz ar trebui să fie aproximativ 17.3 cm. Firul poate fi lipit direct pe placa emițătorului în punctul de legătură al antenei sau, când se folosește un cablu coaxial, antena poate fi plasată la o anumită distanță de placă. Când se folosește un cablu coaxial, ultimii 17,3 cm din conductorul exterior ar trebui îndepărtați pentru a forma antena propriu-zisă de $\frac{1}{4}$ din lungimea de undă. Aceasta trebuie protejată cu material izolator, deoarece contactul electric cu suprafețele metalice ar putea deteriora emițătorul.

Exercițiu

2. Puteți calcula ce lungime trebuie să aibă o antenă în sfert de undă pentru a recepționa un semnal Wi-Fi de 2.4GHz ?

Tipul 2 de antenă pentru CanSat: Antenă de tip Duck



Figura A7

O antenă de tip “duck” este, cel mai probabil cea mai cunoscută și pe care o poți găsi la routerele de acasă și la modemurile de bandă largă. În interiorul carcasei din plastic al acestei antene se află o spirală metalică ce este folosită pentru a recepționa sau a transmite semnalul. Este inclusă în kitul CanSat.

↑ Antenă de tip Duck

Antenă pentru stația de la sol: Antena Yagi

Un alt tip de antenă cu care ești familiarizat este antena Yagi. Aceasta este antena care se regăsește adesea conectată la televizoarele de tip vechi și pe acoperișurile clădirilor pentru recepționarea semnalelor TV analogice. Figura din dreapta prezintă o antenă direcțională Yagi ce funcționează pe două frecvențe diferite. Antena are o structură cu șapte elemente pentru frecvența de 433 MHz și unacum trei elemente pentru 145 MHz. Puteți observa cum orientarea celor două seturi de elemente este diferită, asigurând astfel că undele staționare formate nu interacționează între ele. Această antenă poate fi construită din materiale ieftine precum lemnul și țevile din cupru, ceea ce o face ideală pentru proiectul CanSat.

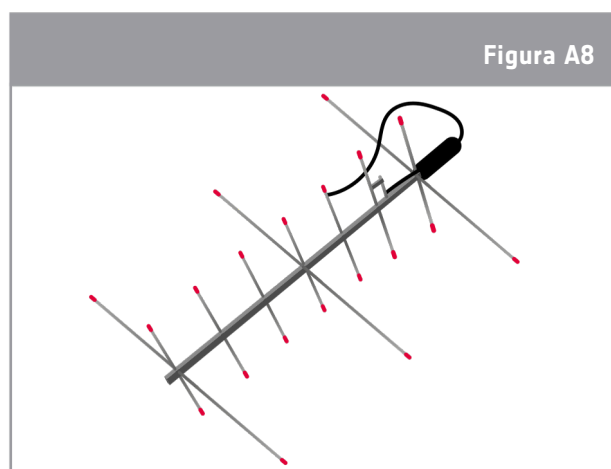


Figura A8

↑ An “Arrow” which is a Yagi antenna for operation at 2 different frequencies

Antena CanSat-ului trebuie să fie suficient de robustă pentru a rezista lansării cu o rachetă. Din cauza restricțiilor de dimensiune, o antenă de tip Sferă de Undă este potrivită pentru CanSat. Sferul de undă descrie lungimea antenei în raport cu frecvența de lucru. Transmițătoarele CanSat-urilor funcționează în mod normal la frecvența de 433 MHz, astfel că frecvența alocată echipelor va fi între 433-435 MHz. Acest lucru este făcut pentru a proteja fiecare echipă împotriva interferențelor provocate de CanSat-urile celorlalte echipe.

Construirea unei antene Yagi

Antenele Yagi sunt comune și reprezintă alegerea perfectă pentru proiectul CanSat. Cu toate acestea, sunteți liberi să folosiți modele și abordări diferite, dacă doriți. Modulul radio utilizat în CanSat-ul vostru va fi o decizie mult mai individuală, bazată pe obiectivele misiunii, bugetul disponibil și spațiul limitat. Este necesar să analizați specificațiile tehnice ale modulului pe care îl luați în considerare înainte de a-l achiziționa, pentru a vă asigura că este potrivit pentru misiunea voastră!

Structura principală a unei antene Yagi este prezentată în Figura A8. Este necesar ca distanța dintre fiecare dintre așa-numitele „elemente parazite” și lungimea fiecăruia să fie calculate cu precizie (există numeroase instrumente online care vă pot ajuta în acest sens!). Elementele parazite trebuie să fie conductoare din punct de vedere electric (o tijă metalică este perfectă), dar nu trebuie să fie conectate electric la celelalte componente.

Un ghid detaliat, pas cu pas, despre cum să construiți o antenă Yagi pentru frecvența de 430 MHz poate fi găsit în videoclipul de mai jos: <https://www.youtube.com/watch?v=2paNzKMW-8c>. Dacă aveți versiune tipărită, căutați pe internet “DIY Yagi-Uda Antenna”.

Nu riști, nu câștigi

Amplificarea antenei este un parametru de performanță ce combină directivitatea antenei și eficiența sa electrică. În cazul unei antene de emisie, amplificarea descrie transformarea puterii de intrare în unde radio îndreptate spre o direcție specificată, iar în cazul unei antene de recepție, transformarea undelor radio în putere electrică. Atunci când nu este specificată direcția, prin “amplificare” se înțelege valoarea de vârf a acestuia, adică amplificarea în direcția lobului principal al antenei. Reprezentarea grafică a amplificării în funcție de direcție se numește diagramă de radiație.

Amplificarea în putere (sau amplificarea) este o mărime fără unitate de măsură ce combină eficiența antenei E (calculată din puterea de intrare P_{in} și de puterea de ieșire P_o) și de directivitatea D :

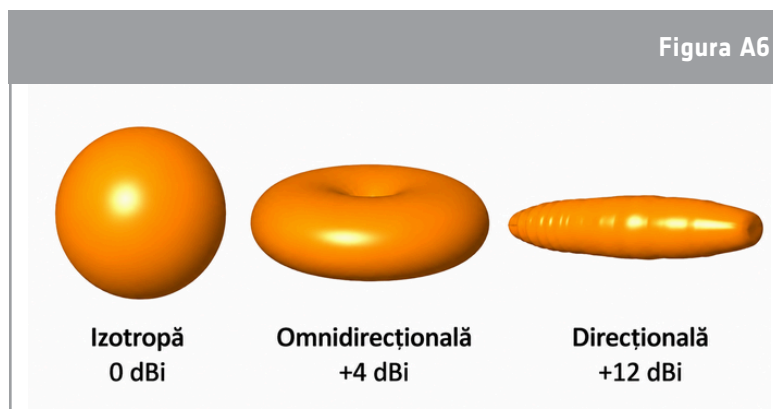
$$G = E_{antena} \cdot D = \frac{P_o}{P_{in}} \cdot D$$

În schimb, amplificarea în decibeli este calculată cu formula:

$$G_{decibeli} = 10 \cdot \log_{10}(G)$$

Atunci când directivitatea este convertită în decibeli, o numim amplificarea relativă a antenei la o sursă izotropă (dBi). În mod normal, cu cât amplificarea este mai mare, cu atât antena este mai eficientă și raza de acoperire este mai mare. Pentru fiecare 6dBi în amplificare, raza de acoperire se dublează.

Așa cum se poate observa în figura alăturată, antene direcționale (Antena Yagi) au o amplificare mai mare, însă pot emite sau recepționa unde radio puternice doar într-o direcție specifică. Pe de altă parte, antenele omnidirecționale (ex. antena monopol) au o amplificare mai mică în decibeli, dar pot emite sau recepționa 360 grade.



↑ Exemple de diferite diagrame de putere ale antenelor cu amplificarea exprimată în decibeli.

Considerații privind amplificarea antenei Yagi-Uda

O serie de caracteristici ale structurii Yagi influențează amplificarea antenei:

Numărul de elemente în structura Yagi: Unul dintre factorii principali ce influențează amplificarea antenei Yagi este numărul de elemente din structură. De regulă, reflectorul este primul element adăugat deoarece oferă cea mai mare amplificare suplimentară. Ulterior se adaugă directoarele.

Distanța dintre elemente: Distanțarea are un impact semnificativ asupra amplificării, dar nu la fel ca numărul de elemente. În mod obișnuit, o structură cu spațiere largă, adică una cu o distanță mare între elemente oferă o amplificare mai mare decât una compactă. Cele mai critice poziții de elemente sunt cele ale reflectorului și ale primului director, deoarece distanța dintre ele determină amplasarea celorlalte elemente ce pot fi adăugate ulterior.

Lungimea antenei: Atunci când se calculează pozițiile optime pentru diferite elemente, s-a demonstrat faptul că într-o structură Yagi cu mai multe elemente, amplificarea este proporțională cu lungimea totală a ansamblului. Cu toate acestea, există o anumită marjă de flexibilitate în ceea ce privește poziționarea elementelor.

→ Activitatea 6: Testarea propriilor comunicații

Acum că ai înțeles complexitatea comunicațiilor prin unde radio, ești gat să construiești și să testezi un sistem complet de comunicații! În această activitate vei efectua câteva teste simple folosind emițătoare APC220 și o antenă de tip Duck.

Recepționarea datelor

Există multe tipuri de emițătoare și receptoare disponibile pentru utilizare în proiectul CanSat, dar nu le putem acoperi pe toate în detaliu. În această secțiune vom explora utilizarea emițătoarelor APC220 pentru a trimite și recepționa informații!

Notă: Instrucțiunile de mai jos s-ar putea să nu funcționeze perfect pentru configurația ta exactă. Sistemul tău de operare, versiunea de Arduino, placa Arduino folosită și cipurile modulului de transmisie sunt toate importante. Dacă întâmpini probleme, consultă fișele tehnice și instrucțiunile furnizate de producător.

Pasul 1: Elementele necesare

Pe lângă placa Arduino și un calculator, ai nevoie și de un set de emițătoare APC220, două antene de tip Duck și un convertor USB-TTL potrivit.

Notă: De asemenea, vei avea nevoie de un al doilea calculator sau de o sursă externă de alimentare pentru placa Arduino.

Pasul 2: Driverile

Convertorul USB-TTL poate comunica cu calculatorul tău, este nevoie să instalezi mai întâi driverile. Link-urile către acestea pot fi găsite aici: [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/APC220_Radio_Data_Module\(SKU:TELo005\)#Communication_Test](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/APC220_Radio_Data_Module(SKU:TELo005)#Communication_Test)

Notă: Există probleme cunoscute cu dispozitivele cu Windows 8/10 și convertoarele USB-TTL - PL-2303HXA și PL-2303X. Dacă calculatorul vostru nu recunoaște dispozitivul, verifică versiunea acestuia.

După ce ai instalat driverile, verifică dacă dispozitivul este recunoscut prin accesarea meniului Start -> Device Manager și caută secțiunea "Ports". Dacă nu apare în listă, încearcă să repornești calculatorul și verifică din nou.

Pasul 3: Asocierea emițătorului și a receptorului

Următorul pas este configurarea ambelor dispozitive APC220 astfel încât să fie acordate pe aceeași frecvență și să transmită/recepționeze cu aceeași viteză de date, altfel nu vor putea comunica între ele.

Pentru a realiza acest lucru, vei utiliza un cod special de Arduino ce poate fi ulterior încărcat pe placă și utilizat pentru a configura dispozitivele.

Întâi, [descarcă](#) fișierul de configurare APC220 cu extensia ".ino"

Apoi, deschide și încarcă codul pe placa Arduino.

Acum, conectează emițătorul APC220 la placa Arduino Uno așa cum este prezentat în figura de mai jos (de la pinul digital 8 până la GND):



Odată ce modulul APC220 este conectat, deschide ‘serial monitor’, iar un meniu ar trebui să apară, în caz contrar, tastează “m” în linia de comandă și apasă Enter.

Meniul apărut oferă instrucțiuni despre cum să configurezi APC220. Cel mai important lucru este să configurezi emițătoarele APC220 pe aceeași frecvență, rată de transfer etc.

Notă: Dacă ai deja o clasă cu mai multe seturi de emițătoare APC220, ar fi o idee bună să setezi fiecare pereche pe o frecvență diferită, asta dacă nu vrei să asculți mesajele celorlalte grupuri! Reține faptul că intervalul de frecvențe pentru APC220 este 420-450Mhz.

Un exemplu de comandă pentru configurarea acestuia poate fi găsit în meniu.

Pasul 4: Este timpul să testăm!

Suntem gata să încercăm trimiterea și recepționarea unor date.

Pentru a face acest lucru, avem nevoie de două programe software: Arduino IDE, cu care ești deja familiarizat și “Serial Port Utility”, ce poate fi descărcat de [aici](#).

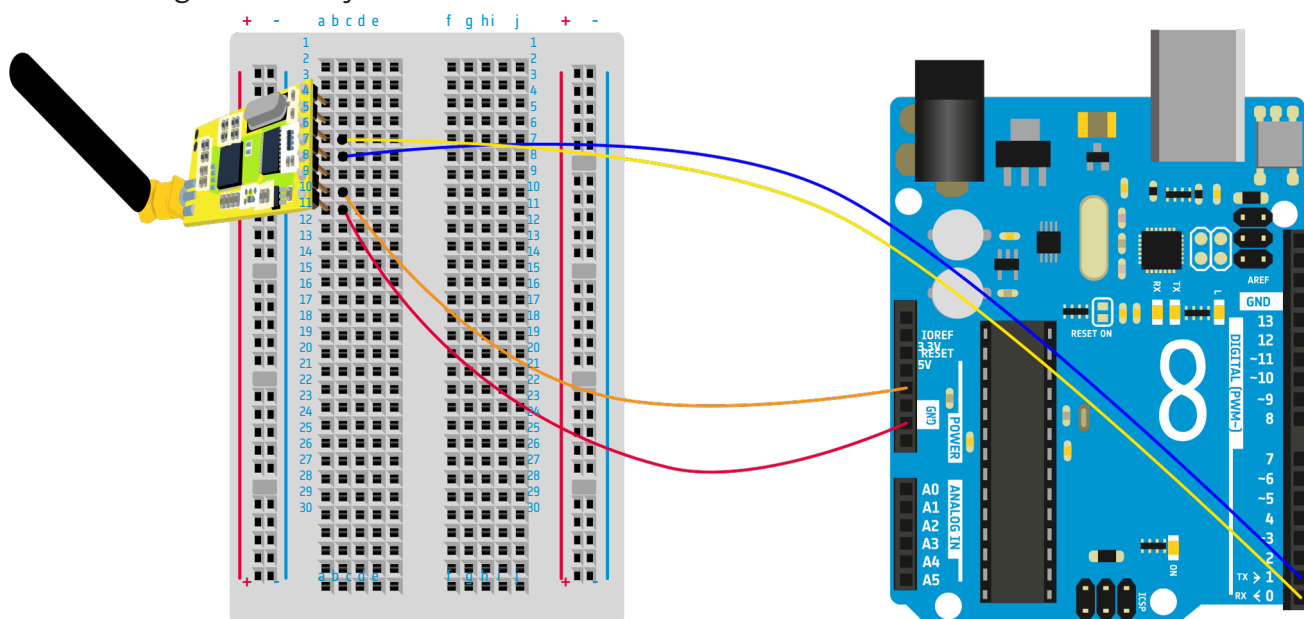
Notă: Există mai multe programe software pe care le poți folosi pentru a citi portul serial, alege-l pe cel care îți este la îndemână!

Mai întâi, conectează placa Arduino la calculator și încarcă codul de mai jos pe ea.

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);           //Set serial baud rate to 9600
}

void loop()
{
  Serial.println("Hello!");     //print out hello string
  delay(1000);                 //1 second delay
}
```

Acum, deconectează placa Arduino de la calculator și configurează circuitul așa cum este prezentat în figura de mai jos.



Odată ce circuitul este configurat, îl poți conecta la o sursă externă de alimentare (nu îl poți conecta la laptopul pe care îl vei folosi pentru a primi date, deoarece va crea interferențe).

În cele din urmă, conectează celălalt modul APC220 la calculatorul tău prin intermediul convertorului USB-TTL și deschide Serial Port.

Felicitări! Ar trebui să vezi acum mesajul “Hello!”. Dacă nu vezi mesajul, verifică dacă citește portul COM corect și dacă mediul de dezvoltare Arduino IDE este închis.

Poți extinde acest proiect prin încorporarea măsurătorilor în codul tău și prin adăugarea de mărci temporale, astfel încât datele originale să poată fi verificate.

Exercițiu

Hai deți să testăm capacitățile transmițătoarelor și receptoarelor noastre! Odată ce ești sigur că poți transmite date urmând ghidul de mai sus, roagă un partener să se îndepărteze de emițător având receptorul la el.

1. Cât de departe se poate îndepărta partenerul tău înainte de a nu mai primi semnal? _____

2. Ce ai putea schimba pentru a îmbunătăți acest lucru?

Gândește-te la tot ce am discutat în această activitate până acum!

3. Construiți o antenă Yagi și repetați testele. Dacă aveți acces la ele, utilizați cele trei module radio prezentate în activitatea 2. Care este diferența principală dintre o antenă Yagi și o antenă sfert de undă?

→ Link-uri

Exemplu de antenă WiFi ușor de construit

[instructables.com/id/Easy-to-Build-WIFI-24GHz-Yagi-Antenna/](https://www.instructables.com/id/Easy-to-Build-WIFI-24GHz-Yagi-Antenna/)

Informații despre modulul radio APC220

[dfrobot.com/wiki/index.php/APC220_Radio_Data_Module\(SKU:TELo005\)](https://dfrobot.com/wiki/index.php/APC220_Radio_Data_Module(SKU:TELo005))

Un exemplu de unde poți achiziționa modul radio 433MHz LoRa

amazon.co.uk/Adafruit-Feather-RFM96-LoRa-Radio/dp/Bo71V71ZSD/